Installations- und Testrichtlinien

Strukturierte Gebäudeverkabelung

R&M

Convincing cabling solutions

Installations- und Testrichtlinien

Release 2014

1 VORWORT

R&M ist ein führender Schweizer Hersteller kompletter Verkabelungslösungen für hochwertige Kommunikationsnetzwerke. Seit der Firmengründung im Jahr 1964 sorgen die Spezialisten von R&M dafür, dass die Installateure ihre anspruchsvolle Arbeit rationell und effizient ausführen können. Mit unseren Verkabelungsspezialisten und Niederlassungen sind wir weltweit vertreten.

Strukturierte, universelle Gebäudeverkabelungen sind die Grundlage moderner, zukunftsorientierter und wirtschaftlicher Kommunikationsinfrastrukturen. Entsprechend hoch ist die Nachfrage nach Infrastruktursystemen, die nicht nur alle aktuellen Kommunikationsanforderungen erfüllen, sondern auch über fünf oder zehn Jahre hinweg zukunftssicher sind. Solche Infrastrukturen verlangen absolut präzise Bauweisen, Hochleistungsprodukte und einwandfreie Installationsarbeiten.

Die vorliegenden Richtlinien wenden sich in erster Linie an zertifizierte R&M-Installateure und -Planer, die nach ihrer Schulung und Zertifizierung durch R&M in der Lage sind, R&M*freenet*-Verkabelungssysteme zu planen, zu installieren und zu testen. Dieses Handbuch enthält die von Installateuren und Planern bei Installation und Test von R&M*freenet*-Produkten und hinsichtlich deren Spezifikation zu befolgenden Richtlinien. Darüber hinaus soll es als Nachschlagewerk dienen und sachgerechte Empfehlungen liefern.

Die hohen Anforderungen an Kupfer- und/oder LWL-Verkabelungssysteme erlauben es nicht mehr, Installateure ohne entsprechende Kenntnisse zu beauftragen.

Immer höhere Übertragungsraten und umfassende Flexibilitätsansprüche stellen immer strengere Anforderungen an die Infrastruktur der Kommunikationswege. Strukturierte Gebäudeverkabelungen bilden durch ihre hohe Wirtschaftlichkeit und Flexibilität die Grundlage einer zukunftsweisenden Netzwerkinfrastruktur, die dank ihrer stabilen Basis auch für zukünftige Übertragungsverfahren gerüstet ist.

Die vorliegenden Richtlinien sind integraler Bestandteil des R&M*freenet*-Garantieprogramms.

Sie sollen der erhöhten Komplexität der Abnahmeprüfungen Rechnung tragen und Feldmessungen in R&M*freenet*-Systemen vereinfachen.

Darüber hinaus sollen sie Installateuren und Planern helfen, normgerechte, besonders zuverlässige und äusserst leistungsfähige passive Netzwerke einzurichten.

Das vorliegende Dokument wurde mit grösstmöglicher Sorgfalt erstellt. Es enthält den zum Zeitpunkt der Drucklegung aktuellen technischen Stand.

Änderungen bzw. Korrekturen an diesem Dokument werden jeweils in der neuen Ausgabe berücksichtigt. Technische Änderungen bleiben jederzeit vorbehalten.

Bitte vergewissern Sie sich regelmässig auf http://www.rdm.com, dass Sie die neueste Version besitzen.

Inhalt

1 VORWORT 2

2 R&M*freenet* 3

3 QUALITÄTSSICHERUNG IM PROJEKTABLAUF 4

4 VOR DER INSTALLATION 6

4.1 ALLGEMEINES 6

4.1.1 EMV-KONZEPTE 6

4.2 KUPFER 7

4.2.1 NORMEN FÜR DIE GEBÄUDEVERKABELUNG 7

4.2.2 LÄNGENBESCHRÄNKUNGEN FÜR SYMMETRISCHE INSTALLATIONSKABEL 8

4.2.3 BERECHNUNGSBEISPIELE FÜR EINE FEST INSTALLIERTE VERKABELUNGSSTRECKE 15

4.2.4 ABSTÄNDE ZWISCHEN KUPFER-DATENKABELN UND STROMVERSORGUNGSKABELN 16

4.3 Lichtwellenleiter-Verkabelung 20

4.3.1 LWL-SPEZIFISCHE NORMEN 20

4.3.2 DÄMPFUNGSEINSCHRÄNKUNGEN IN LICHTWELLENLEITERINSTALLATIONEN 21

4.3.3 BERECHNUNGSBEISPIELE FÜR FEST INSTALLIERTE LWL VERKABELUNGSSTRECKEN 22

5 INSTALLATION 23

5.1 ALLGEMEINES 23

5.1.1 SICHERHEIT 23

5.1.2 KENNZEICHNUNG UND VERWALTUNG 23

5.1.3 INSTALLATIONS-CHECKLISTE 24

5.1.4 LAGERUNG DES INSTALLATIONSKABELS 25

5.2 KUPFERKABEL 26

5.2.1 KABELEIGENSCHAFTEN 26

5.2.2 VERLEGEN DER KABEL 26

5.2.3 BEARBEITEN DER KABEL 29

5.2.4 BESCHALTUNG DER ANSCHLUSSMODULE 30

5.2.5 KABELMANAGEMENT 31

5.2.6 RANGIERKABEL 31

5.2.7 POTENZIELLE FEHLERQUELLEN IN DER UGV 32

5.3 LICHTWELLENLEITER 33

5.3.1 SICHERHEIT 33

5.3.2 VERLEGEN DER KABEL 37

5.3.3 BEARBEITEN DER KABEL 38

5.3.4 ANSCHLIESSEN VON LWL KABELN 39
5.3.5 BEIBEHALTUNG DER POLARITÄT 40
5.3.6 KABELMANAGEMENT 43
5.3.7 RANGIERKABEL 43
6 NACH DER INSTALLATION 44
6.1 ALLGEMEINES 44
6.1.1 MESSGENAUIGKEIT 44
6.2 KUPFER 46
6.2.1 ANERKANNTE ZERTIFIZIERUNGSMESSGERÄTE FÜR DIE KLASSEN D/E/E_A 46
6.2.2 EINSTELLUNGEN DER MESSGERÄTE 47
6.2.2.1 GEEIGNETE TESTGRENZWERTE FÜR DIE KLASSEN 47
6.2.3 BESCHREIBUNG DER PRÜFSTRECKEN 47
6.2.4 MESSANLEITUNG 49
6.3 Lichtwellenleiter-Verkabelung 50
6.3.1 ANERKANNTE ZERTIFIZIERUNGSMESSGERÄTE FÜR LWL 50
6.3.2 DÄMPFUNG DES FASEROPTISCHEN CHANNELS 50
6.3.3 OPTISCHES DÄMPFUNGSBUDGET 51
6.3.4 CHANNEL-MESSUNG MIT LSPM (LEISTUNGSMESSGERÄT) 52
6.3.5 LSPM-REFERENZMESSUNGEN UND MESSUNGEN VON LWL-ÜBERTRAGUNGSSTRECKEN 53
6.3.6 LSPM-REFERENZMESSUNGEN UND MESSUNGEN VON MPO/MTP™-ÜBERTRAGUNGSSTRECKEN57
6.3.7 MESSUNGEN MIT DEM OTDR 61
6.4 CHECKLISTE BEI MESSPROBLEMEN 63
7 GLOSSAR 64
8 TABELLENVERZEICHNIS 70
9 ABBILDUNGSVERZEICHNIS 72
10 NOTIZEN 74

2 R&M*freenet*

Für Planer und Installateure ist das Verkabelungssystem R&M*freenet* ein Universum mit endlosen Möglichkeiten und absolut logischer Struktur. Mit seinen jeweils vier Systemen für Kupfer und Glasfaser deckt es sämtliche Verkabelungsbedürfnisse unserer Kunden ab – sei es in Büro- oder Wohngebäuden, in Industrieanlagen oder Unternehmensstandorten, in Kliniken oder Hochleistungsrechenzentren. Aus diesen Systemen kann je nach der gewünschten Leistungsfähigkeit der IT- und Telekommunikationsinfrastruktur und je nach Umgebungsbedingungen und Sicherheitsbedürfnis die passende Lösung zusammengestellt werden. Das modulare Prinzip und der normgerechte anwendungsneutrale Aufbau garantieren, dass jede Installation flexibel genutzt und später erweitert werden kann. Die Produktreihen sind durchgehend untereinander kompatibel und entsprechen den aktuellen und massgeblichen internationalen Normen ISO/IEC 11801, EN 50173-x und EIA/TIA 568C-x.

R&M-Systemname	Permanent Link (PL)	Channel (Ch)
Kategorie 5e	Klasse D	
Kategorie 6	Klasse E	
Kategorie 6 Real 10	Klasse E	Klasse E_A
Kategorie 6_A	Klasse E_A	
OM1 und OM2	OF-100, OF-300, OF-500 und OF-2000	
OM3		
OM4		
OS2	OF-100, OF-300, OF-500, OF-2000, OF-5000, OF-10000, ISP und OSP	

Tabelle 1: Einordnung von R&M*freenet*-Links

3 QUALITÄTSSICHERUNG IM PROJEKTABLAUF

Arbeits-schritt	Schwerpunkte	Verantwort-lichkeit
Planung	• Die UGV muss sorgfältig nach den zurzeit gültigen Normen geplant werden. • Es müssen zugelassene/ausgewählte/geeignete Komponenten eingesetzt werden. • Die Gebäudeinfrastruktur muss so ausgelegt sein, dass die UGV gemäss den gültigen Normen realisiert werden kann. • Der Planer ist angehalten, dies durch Erstellen einer Verkabelungsspezifikation in Absprache mit dem verantwortlichen Architekten, Endbenutzer und/oder Installateur zu gewährleisten. • Es ist sicherzustellen, dass alle benötigen Werkzeuge verfügbar sind. • Die geeigneten Prüfprozeduren und -einrichtungen müssen festgelegt sein. • Es muss sichergestellt sein, dass alle Sicherheitsvorkehrungen definiert sind und das Personal entsprechend geschult ist.	Planer/Architekt Endkunde
Komponen-tenherstellung	• Eingesetztes Material muss den vom Planer definierten Normen entsprechen. • Eingesetzte Komponenten müssen internationalen und lokalen Vorschriften entsprechen.	Komponenten-hersteller
Installation	• Die richtigen Komponenten sind gemäss Bedienungsanleitung zu bestellen, zu lagern, anzuliefern und zu installieren. • Die Komponenten müssen einer Abnahmeprüfung unterzogen werden. • Die Installationskabel müssen mindestens der Kategorie der Anschlusskomponenten entsprechen. • Die Installation muss normgerecht sein (EN 50174 inkl. aller Zusätze). • Der Kabelkanal muss den Kabeln ausreichend Schutz gegen externe Beschädigungen bieten. • Die Gebäudestruktur muss vor der Installation geprüft werden. Z.B. ausreichend grosse Kabeltrassen, Trennung zwischen Datenkabeln und Stromversorgungskabeln, Steigzonen genügend gross bemessen usw. • Die Beschriftungen müssen überprüft werden. Die Bezeichnungen müssen **dauerhaft** an den betreffenden Komponenten angebracht sein. • Die ordnungsgemässe Installation der Verkabelung ist regelmässig zu prüfen (Radien eingehalten, keine Knicke in den Kabeln, regelmässige Messungen usw.). • Kritische Stellen beim Einziehen der Installationskabel müssen erkannt und beseitigt werden oder es sind geeignete Lösungen vorzusehen. • Es ist dem Projektumfang entsprechend angemessenes Personal bereitzustellen (hinsichtlich Fähigkeiten und Anzahl). • Alle notwendigen Werkzeuge müssen zur Verfügung stehen.	Installateur

Abnahme	• Während der Installation und vor dem zeitplanmässigen Abschluss des Projektes (Absprache mit Endkunden) müssen regelmässige Tests durchgeführt werden. • Es sind Tests gemäss den Vorgaben des Systemlieferanten und des Messgeräteherstellers sowie dem Planungsverlauf durchzuführen. • Die Messgeräte müssen ihrem Zweck entsprechen und einwandfrei funktionieren. • Die Messgeräte müssen entsprechend ihrer Herstellerspezifikation kalibriert werden (in der Regel einmal jährlich). • Testköpfe für LWL-Messungen müssen entsprechend ihrer Herstellerspezifikation kalibriert werden (in der Regel einmal jährlich).	Installateur, Messfirma
Betrieb	• Es muss sichergestellt sein, dass das System entsprechend seiner Kapazität effizient genutzt wird. • Die eingesetzte Verkabelung muss spezifikationsgemäss genutzt werden. • Der Wartungsplan muss Reparaturmassnahmen abdecken.	Gebäudebetreiber

Tabelle 2: Qualitätssicherung im Projektablauf

4 VOR DER INSTALLATION

4.1 ALLGEMEINES

4.1.1 EMV-KONZEPTE

Das Erdungskonzept bildet die Grundlage eines umfassenden EMV- und Sicherheitskonzepts und sollte bei der Wahl des Verkabelungssystems (geschirmt/ungeschirmt) unbedingt mit einbezogen werden. Das zu verkabelnde Gebäude muss genauestens auf den bestehenden Potenzialausgleich hin untersucht werden. Die lokalen Vorschriften bezüglich der Erdung müssen eingehalten werden. Die folgenden Abbildungen zeigen verschiedene für Erdungssysteme mögliche Strukturen.

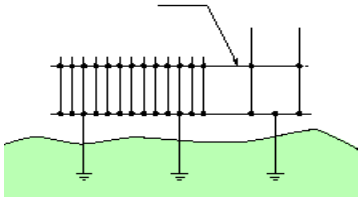


Bild 1: Gebäudeerdung

Traditionell wurde im Telekommunikationssektor eine Baum- oder Sternstruktur bevorzugt. Bei diesem System werden die unterschiedlichen Erdungsstränge an einem zentralen Erdungspunkt zusammengeführt. Auf diese Weise lassen sich Erdschleifen weitgehend verhindern und niederfrequente Störungen (Brummen) werden verringert.

In neuerer Zeit und bei hochfrequenter Datenübertragung wird allerdings fast immer die Maschenerdung verwendet. Bei dieser Form der Erdung muss das Gebäude als Ganzes an möglichst vielen Stellen gute Erdungspunkte aufweisen (Bild 1). Wichtig bei dieser Ausführung ist, dass alle metallischen Objekte in den Gebäuden mit entsprechend tauglichen Verbindungselementen in die Erdführung einbezogen werden. Diese Verbindungselemente müssen zur Ableitung hochfrequenter Ströme eine möglichst grosse leitfähige Oberfläche aufweisen (z.B. Massebänder, Metallschienen, Verbindungsschienen usw.).

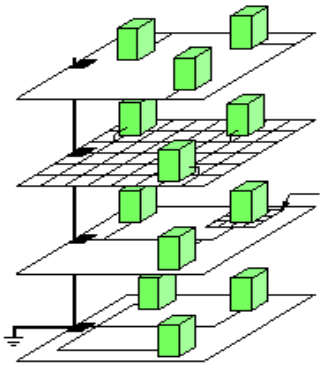


Bild 2: Minimalanforderung nach EN 50310

In Gebäuden, in denen keine kontinuierliche Maschenstruktur für die Erdung aufgebaut werden kann, lässt sich die Situation durch das Einrichten von Zellen verbessern. Solche lokale Maschenerdungen können aus Metallkabelkanälen, Doppelböden oder parallel geführten Kupferleitungen nachgebildet werden.

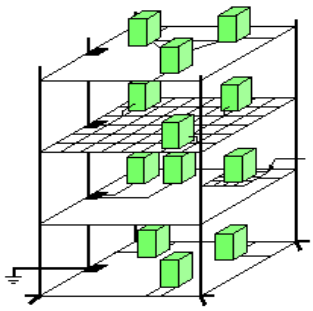


Bild 3: empfohlene Konfiguration nach EN 50310

Wo Doppelböden ohne Trägerschienen für die Bodenelemente verwendet werden, sollten die Elementträger maschenförmig miteinander verbunden werden, um eine optimale Wirkung zu erreichen.

Werden unterschiedliche Metalle miteinander verbunden, muss einer möglichen Zerstörung der Kontaktpartner durch elektrochemische Korrosion Rechnung getragen werden. Es gilt dabei, Kontaktpartner zu wählen, deren elektrochemische Potentiale möglichst ähnlich sind, oder die Kontaktstelle mit geeigneten Massnahmen vor Umwelteinflüssen (d.h. Feuchtigkeit) zu schützen.

Bei einer geschirmten UGV muss der Schirm im Etagenverteiler an die Erdung angeschlossen werden. Gibt es in der betreffenden Etage eine gute Maschenerdung, kann auch die Anschlussdose geerdet werden. Dies schützt zusätzlich gegen externe Störquellen. Bei Systemen ab 10GBase-T wird in stark störanfälligen Industrieumgebungen die Erdung der Anschlussdose in jedem Fall empfohlen. Das vorliegende Installationshandbuch empfiehlt, die Anforderungen gemäss EN 50174-2 und EN 50310 einzuhalten.

4.2 KUPFER

4.2.1 NORMEN FÜR DIE GEBÄUDEVERKABELUNG

Die folgende Liste enthält die derzeit geltenden Verkabelungsnormen und ihren jeweiligen Status. Bei Unsicherheiten oder möglicherweise widersprüchlichen Angaben verwendet R&M die ISO/IEC 11801 als Referenznorm. Die aktuell gültige Ausgabe finden Sie im „Anhang 1 zum Garantieprogramm“, Kapitel 3.

Norm	Beschreibung	Status
ISO/IEC 11801 Ausg. 2.2 (2012) + A1/2	Information technology - Generic cabling for customer premises (Informationstechnik - Anwendungsneutrale Kommunikationskabelanlagen für Gebäudekomplexe)	ratifiziert
ISO/IEC 24764 Ausg. 1.0 (2010-04)	Information technology - Generic cabling systems for data centers (Informationstechnik - Anwendungsneutrale Kommunikationskabelanlagen für Rechenzentren)	ratifiziert
EN 50173-1:2011	Informationstechnik - Anwendungsneutrale Kommunikationskabelanlagen Teil 1: Allgemeine Anforderungen	ratifiziert
EN 50173-2: 2007/A1:20010/AC:2011	Informationstechnik - Anwendungsneutrale Kommunikationskabelanlagen Teil 2: Bürogebäude	ratifiziert
EN 50173-3: 2007/A1:20010/AC:2011	Informationstechnik - Anwendungsneutrale Kommunikationskabelanlagen Teil 3: Industriell genutzte Gebäude	ratifiziert
EN 50173-4: 2007/A2:2012	Informationstechnik - Anwendungsneutrale Kommunikationskabelanlagen Teil 4: Wohnungen	ratifiziert
EN 50173-5: 2007/A2:2012	Informationstechnik - Anwendungsneutrale Kommunikationskabelanlagen Teil 5: Rechenzentren	ratifiziert
EN 50173-6:2013	Informationstechnik - Anwendungsneutrale Kommunikationskabelanlagen Teil 6: Verteilte Gebäudedienste	ratifiziert
EN 50174-1: 2009/A1:2011	Informationstechnik – Installation von Kommunikationsverkabelung Teil 1: Installationsspezifikation und Qualitätssicherung	ratifiziert
EN 50174-2: 2009/AB2013	Informationstechnik – Installation von Kommunikationsverkabelung Teil 2: Installationsplanung und Installationspraktiken in Gebäuden	ratifiziert
EN 50174-3:2013	Informationstechnik – Installation von Kommunikationsverkabelung Teil 3: Installationsplanung und Installationspraktiken im Freien	ratifiziert
EN 50310:2010	Anwendung von Massnahmen für Erdung und Potenzialausgleich in Gebäuden mit Einrichtungen der Informationstechnik	ratifiziert
TIA-568-C.0-2 (2012)	Generic Telecommunications Cabling for Customer Premises (Anwendungsneutrale Kommunikationskabelanlagen für Gebäudekomplexe) - Anhang 2, Allgemeine Aktualisierungen	ratifiziert

TIA-568-C-1-2 (2011)	Commercial Building Telecommunications Cabling Standard (Kommunikationskabelanlagen für Bürogebäude) - Anhang 2, Allgemeine Aktualisierungen	ratifiziert
TIA-942-A-1 (2013)	Telecommunications Infrastructure Standard for Data Centers (Telekommunikationsinfrastruktur für Rechenzentren) - Anhang 1, Cabling Guidelines for Data Center Fabrics (Verkabelungsrichtlinien für Rechenzentrumsstrukturen)	ratifiziert

Tabelle 3: Normen

Unterschiede zwischen Klasse und Kategorie in den derzeit gültigen Normen

ISO/IEC 11801 Ausgabe 2.2 (2012) EN 50173-1: 2011	TIA-568-C.2 (2010)
Klasse D (100 MHz)	Kategorie 5e
Klasse E (250 MHz)	Kategorie 6
Klasse E_A (500 MHz)	**Kategorie 6A – entspricht nicht Klasse E_A!!**
Klasse F (600 MHz)	nicht enthalten
Klasse F_A (1000 MHz)	nicht enthalten

Tabelle 4: Unterschiede zwischen den Normen

4.2.2 LÄNGENBESCHRÄNKUNGEN FÜR SYMMETRISCHE INSTALLATIONSKABEL

4.2.2.1 Längenberechnungen für die verschiedenen Modelle einer UGV

Die folgende Tabelle dient dazu, die maximale Länge der fest installierten Kabel zu berechnen. Wichtig ist, dass die vom Planer oder Installateur berechnete Länge des fest installierten Kabels **nie** überschritten wird, auch nicht bei allfälligen Erweiterungen. Es ist darauf zu achten, dass bei allfälligen Wartungsarbeiten nicht andere Längen von Rangier-/Anschlusskabeln verwendet werden. Sonst kann nicht garantiert werden, dass die zuvor berechnete Übertragungsstrecke einwandfrei funktioniert.

Wird ein optionaler Sammelpunkt (SP) und/oder ein Rangierfeld mit einbezogen, ist zwischen den folgenden Verkabelungsmodellen zu unterscheiden.

4.2.2.1.1 Minimale und maximale Länge gemäss Referenzmodell nach ISO 11801

Segment	Minimum (m)	Maximum (m)
EV-SP	15	85
SP-TA	5	-
EV-TA (ohne SP)	15	90
Geräteanschlusskabel [a]	2	5
Rangierkabel	2	-
Geräteverbindungskabel [b]	2	5
alle Kabel	-	10

Tabelle 5: UGV-Längen gemäss ISO/IEC 11801

a Wenn kein Sammelpunkt (SP) vorhanden ist, beträgt die minimale Länge des Geräteanschlusskabels 1 m.

a Wenn keine Rangierung vorhanden ist, beträgt die minimale Länge des Geräteverbindungskabels 1 m.

4.2.2.1.2 Gleichungen für horizontale Übertragungsstrecken im Bürogebäude

Modell	Modellgleichungen		
	Klasse D Channel Kat. 5e Komponenten	Klasse E/E_A Channel Kat. 6 Komponenten	Klasse F/F_A Channel Kat. 7 Komponenten
2 Stecker	H = 109 – F*X	H = 107 – 3[a] – F*X	H = 107 – 2[a] – F*X
3 Stecker	H = 107 – F*X	H = 106 – 3[a] – F*X	H = 106 – 3[a] – F*X
3 Stecker SP	H = 107 – F*X – C*Y	H = 106 – 3[a] – F*X – C*Y	H = 106 – 3[a] – F*X – C*Y
4 Stecker	H = 105 – F*X – C*Y	H = 105 – 3[a] – F*X – C*Y	H = 105 – 3[a] – F*X – C*Y

Tabelle 6: Gleichungen für horizontale Übertragungsstrecken (siehe auch Diagramme auf den nächsten Seiten)

[a] Diese Längenkürzung ist notwendig, um eine Marge für unterschiedliche Dämpfungen bei hohen Frequenzen zu schaffen.

C Länge des SP-Kabels (m) (SP = Sammelpunkt)

F kombinierte Länge der Rangier-/Anschlusskabel, Geräte-/Arbeitsplatzseite (m)

H maximale Länge der festen horizontalen Verkabelung (m)

L Länge des LVP-Kabels (m)

X Kabeldämpfungsfaktor zwischen Litzenkabel (UTP = 1,5 und STP =1,5) und Volldrahtkabel (Installationskabel)

Y Kabeldämpfungsfaktor zwischen Litzenkabel (CP-Kabel UTP = 1,5 und STP = 1,5) und Volldrahtkabel (Installationskabel)

Z grösste Länge des Bereichsverteilungskabels (m)

Hinweise:

- Wenn die Umgebungstemperatur bei Betrieb über 20°C liegt, muss H bei geschirmten Installationen um 0,2% pro °C gekürzt werden. Bei ungeschirmten Installationen beträgt dieser Faktor 0,4% für Temperaturen von 20°C bis 40°C und 0,6% für Temperaturen von 40°C bis 60°C.
- Flexible Kabel haben eine höhere Dämpfung (UTP/STP = Multiplikationsfaktor 1,5) als Installationskabel.

4.2.2.2 Längeneinschränkungen bei Installationskabeln AWG 26

In allen strukturierten Verkabelungen können AWG-26-Installationskabel verwendet werden. Heute werden diese Kabel hauptsächlich in Datenzentren verbaut.

AWG 26 – maximale Längen

R&M-System		Kat. 6		Kat. 6 Real10		Kat. 6_A	
Topologie	AWG	PL	Ch	PL	Ch	PL	Ch
Klasse E	26	55 m	65 m	55 m	65 m	55 m	65 m
Klasse EA	26				65 m	55 m	65 m

Tabelle 7: maximale horizontale Länge, R&M*freenet* mit AWG 26

- PL: Permanent Link
- Ch: Channel
- AWG: American Wire Gauge – Kodierung für Drahtdurchmesser mit Vollader- oder Litzenkabel

Das AWG-26-Installationskabel spart gegenüber einem AWG-23-Installationskabel 25% bis 30% Platz und Gewicht ein. Diese Ersparnis wird mit einer Längeneinschränkung für Permanent Link und Channel von 55 m bzw. 65 m erkauft.

4.2.2.3 Kurze Längen bei Kat. 6_A System

Bei der neuen Ausgabe der Norm ISO/IEC 11801 gingen die Experten von Mindest- und Höchstlängen aus, um die Mindestleistung der Komponenten zu berechnen. Das R&M*freenet*-System unterstützt kürzere Permanent Links und Channels.

Die folgende Tabelle ist unabhängig vom R&M-Kabeltyp. Sie gilt also für alle U/UTP-, U/FTP-, F/UTP- und S/FTP-Kabel von R&M.

R&M-System	Fest installierte Verkabelung	SP-Kabel	Rangierung	Geräteanschluss-/Geräteverbindungskabel
2 Stecker PL 2 m	2 m	n.a.	n.a.	n.a.
3 Stecker PL 4 m	2 m	2 m	n.a.	n.a.
3 Stecker Ch 8 m	2 m	2 m	n.a.	2*2 m
4 Stecker Ch 9 m	2 m	2 m	1 m	2*2 m

Tabelle 8: minimale horizontale Länge, R&M*freenet*

4.2.2.4 Modelle für horizontale Übertragungsstrecken in Bürogebäuden

V	Verbindung
SP	Sammelpunkt
EV	Etagenverteiler
TA	Telekommunikations-Anschlussdose
EE	Endeinrichtung

4.2.2.4.1 Modelle

Modell Durchverbindung-TA

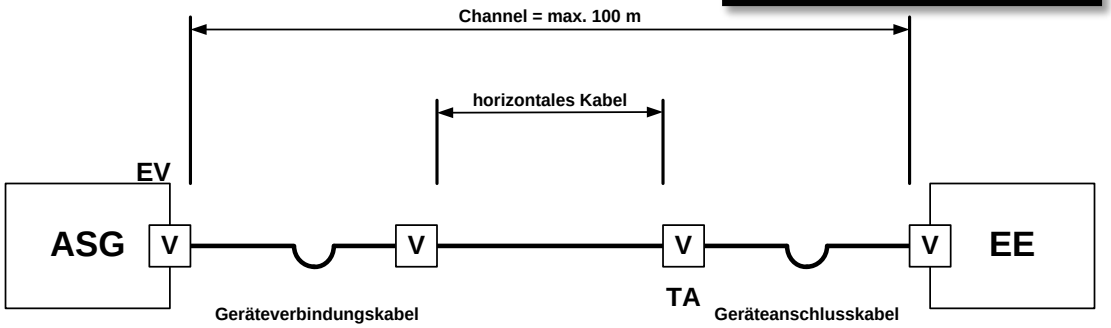


Bild 4: Modell Durchverbindung-TA

Modellgleichungen		
Klasse D Channel Kat. 5e Komponenten	Klasse E/E_A Channel Kat. 6 Komponenten	Klasse F/F_A Channel Kat. 7 Komponenten
$H = 109 – F*X$	$H = 107 – 3^a – F*X$	$H = 107 – 2^a – F*X$

Tabelle 9: Gleichungen Durchverbindung-TA (Schlüssel siehe 4.2.2.1.2)

Modell Rangierung-TA

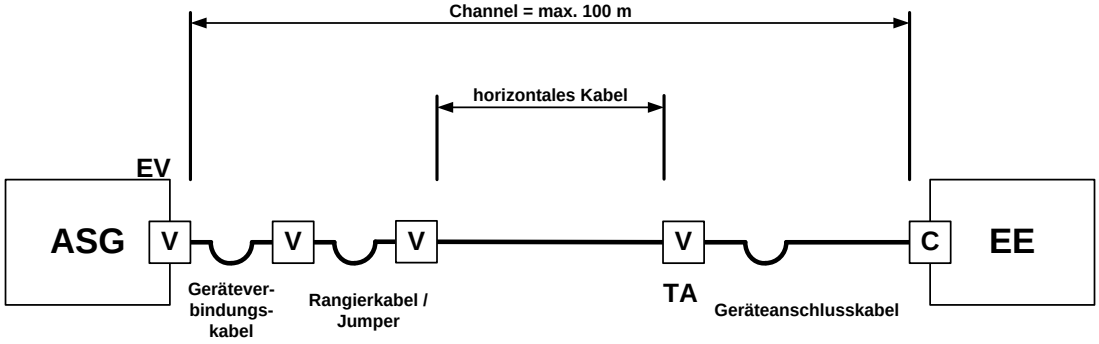


Bild 5: Modell Rangierung-TA

Modellgleichungen		
Klasse D Ch0annel Kat. 5e Komponenten	Klasse E/E_A Channel Kat. 6 Komponenten	Klasse F/F_A Channel Kat. 7 Komponenten
$H = 107 – F*X$	$H = 106 – 3^a – F*X$	$H = 106 – 3^a – F*X$

Tabelle 10: Gleichungen Rangierung-TA (Schlüssel siehe 4.2.2.1.2)

Modell Durchverbindung-SP-TA

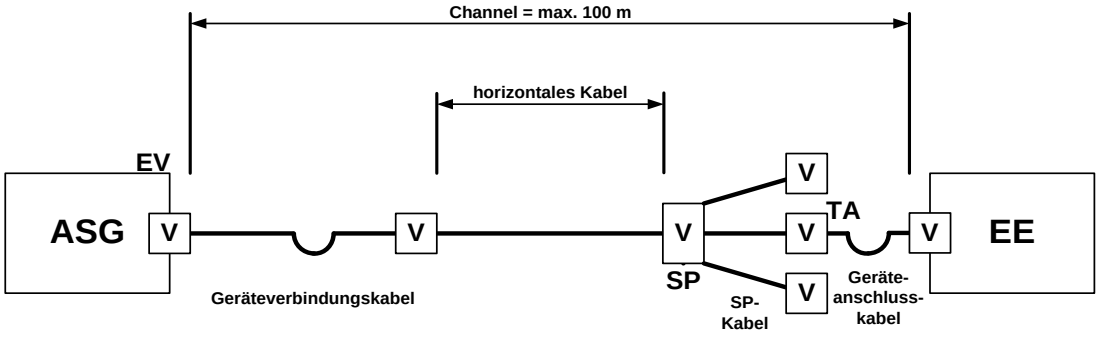


Bild 6: Modell Durchverbindung-SP-TA

Modellgleichungen		
Klasse D Channel Kat. 5e Komponenten	Klasse E/E_A Channel Kat. 6 Komponenten	Klasse F/F_A Channel Kat. 7 Komponenten
H = 107 – F*X – C*Y	H = 106 – 3^a – F*X – C*Y	H = 106 – 3^a – F*X – C*Y

Tabelle 11: Gleichungen Durchverbindung-SP-TA (Schlüssel siehe 4.2.2.1.2)

Modell Rangierung-SP-TA

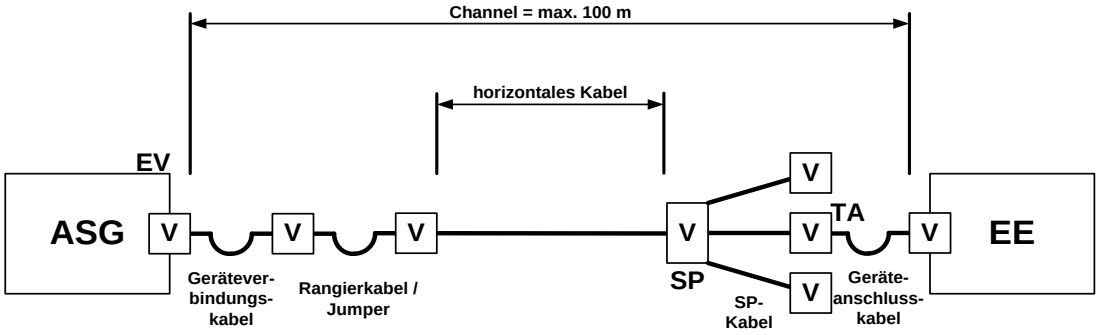


Bild 7: Modell Rangierung-SP-TA

Modellgleichungen		
Klasse D Channel Kat. 5e Komponenten	Klasse E/E_A Channel Kat. 6 Komponenten	Klasse F/F_A Channel Kat. 7 Komponenten
H = 105 – F*X – C*Y	H = 105 – 3^a – F*X – C*Y	H = 105 – 3^a – F*X – C*Y

Tabelle 12: Gleichungen Rangierung-SP-TA (Schlüssel siehe 4.2.2.1.2)

4.2.2.4.2 Einschränkungen gemäss Referenzmodell nach ISO 11801

- Die physische Länge des fest installierten Permanent Link, also des Installationskabels (wenn kein SP-Kabel vorhanden), darf 90 m nicht überschreiten.
- Die physische Länge des Channel darf 100 m nicht überschreiten.
- Der Sammelpunkt (SP) muss mindestens 15 m vom Etagenverteiler entfernt sein.
- Das Kabel zwischen SP und TA muss mindestens 5 m lang sein.
- Wird ein Telekommunikations-Mehrfachanschluss verwendet, dürfen die Geräteanschlusskabel nicht länger als 20 m sein.
- Rangier- und Anschlusskabel dürfen nicht länger als 5 m sein.

GA	Geräteanschluss
ASG	anwendungsspezifisches Gerät
LVP	lokaler Verteilpunkt
HV	Hauptverteiler
BV	Bereichsverteiler

4.2.2.5 Modelle für Bereichsverteilungs-Übertragungsstrecken in Rechenzentren

4.2.2.5.1 Modelle

Modell Durchverbindung-GA

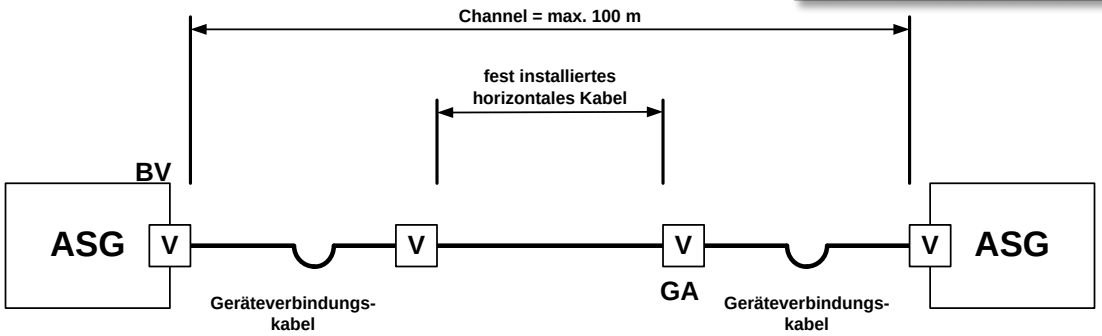


Bild 8: Modell Durchverbindung-GA

Modellgleichungen		
Klasse D Channel Kat. 5e Komponenten	Klasse E/E_A Channel Kat. 6 Komponenten	Klasse F/F_A Channel Kat. 7 Komponenten
H = 109 – F*X	H = 107 – 3[a] – F*X	H = 107 – 2[a] – F*X

Tabelle 13: Gleichungen Durchverbindung-GA (Schlüssel siehe 4.2.2.1.2)

Modell Rangierung-GA

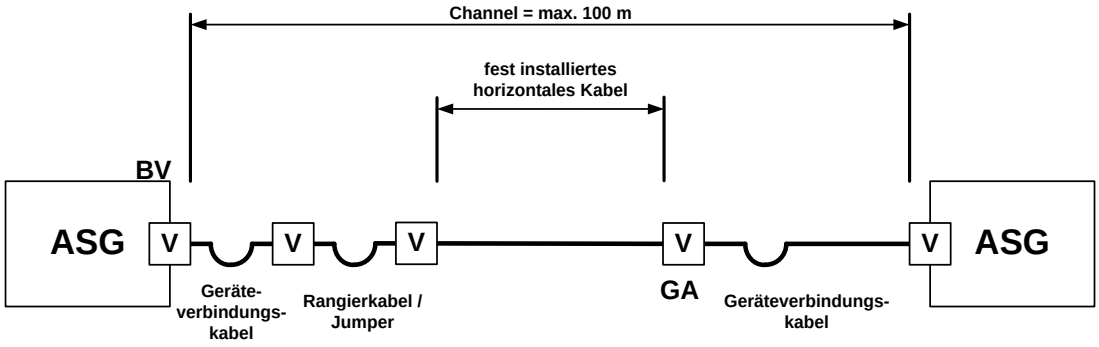


Bild 9: Modell Rangierung-GA

Modellgleichungen		
Klasse D Channel Kat. 5e Komponenten	Klasse E/E_A Channel Kat. 6 Komponenten	Klasse F/F_A Channel Kat. 7 Komponenten
H = 107 – F*X	H = 106 – 3[a] – F*X	H = 106 – 3[a] – F*X

Tabelle 14: Gleichungen Rangierung-GA (Schlüssel siehe 4.2.2.1.2)

Modell Durchverbindung-LVP-GA

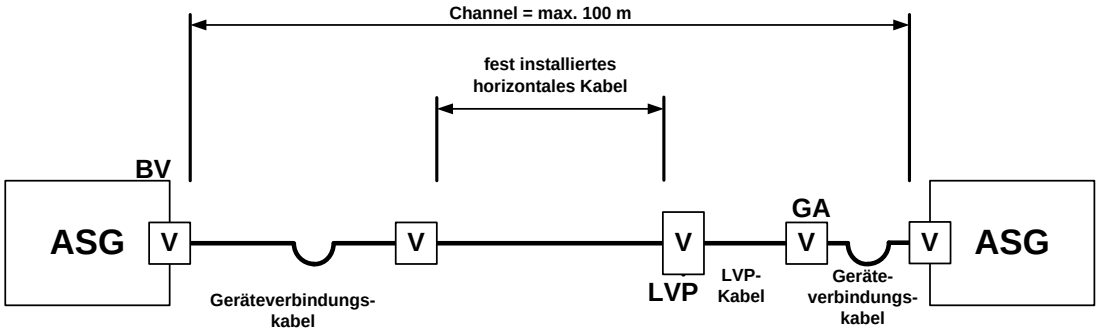


Bild 10: Modell Durchverbindung-LVP-GA

Modellgleichungen		
Klasse D Channel Kat. 5e Komponenten	Klasse E/E_A Channel Kat. 6 Komponenten	Klasse F/F_A Channel Kat. 7 Komponenten
H = 107 – F*X – C*Y	H = 106 – 3^a – F*X – C*Y	H = 106 – 3^a – F*X – C*Y

Tabelle 15: Gleichungen Durchverbindung-LVP-GA (Schlüssel siehe 4.2.2.1.2)

Modell Rangierung-LVP-GA

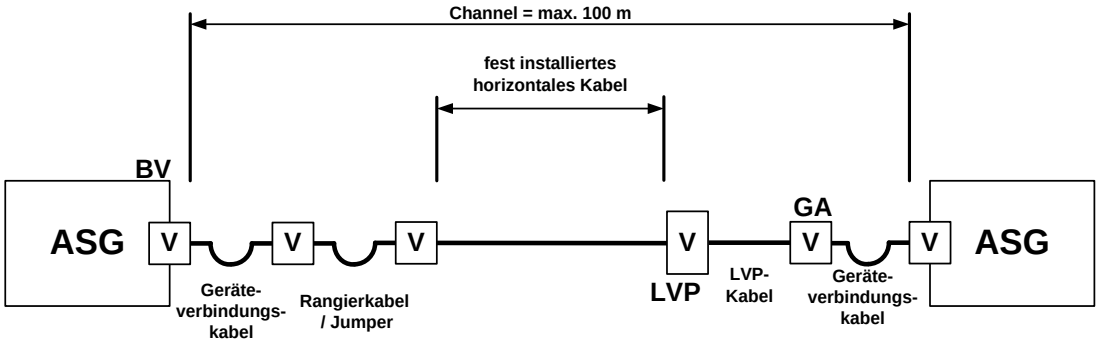


Bild 11: Modell Rangierung-LVP-GA

Modellgleichungen		
Klasse D Channel Kat. 5e Komponenten	Klasse E/E_A Channel Kat. 6 Komponenten	Klasse F/F_A Channel Kat. 7 Komponenten
H = 105 – F*X – C*Y	H = 105 – 3^a – F*X – C*Y	H = 105 – 3^a – F*X – C*Y

Tabelle 16: Gleichungen Rangierung-LVP-GA (Schlüssel siehe 4.2.2.1.2)

4.2.2.5.2 Einschränkungen gemäss Referenzmodell nach ISO 11801

- Die physische Länge des Channel darf 100 m nicht überschreiten.
- Die physische Länge des fest installierten Bereichsverteilungskabels darf 90 m nicht überschreiten. Je nach der Länge der verwendeten LVP-, Anschluss- und Rangierkabel sowie der Anzahl der Verbindungen kann die maximale Länge auch geringer sein.

4.2.2.6 Modelle für Hauptverteilungs-Übertragungsstrecken in Rechenzentren

4.2.2.6.1 Modelle

Modell Hauptverteilungs-Übertragungsstrecke

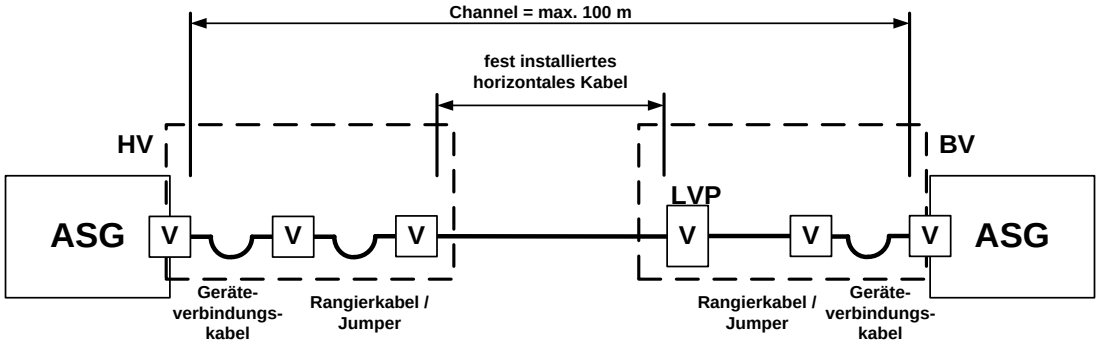


Bild 12: Modell Hauptverteilungs-Übertragungsstrecke

Modellgleichungen		
Klasse D Channel Kat. 5e Komponenten	Klasse E/E_A Channel Kat. 6 Komponenten	Klasse F/F_A Channel Kat. 7 Komponenten
H = 105 – F*X – C*Y	H = 105 – 3[a] – F*X – C*Y	H = 105 – 3[a] – F*X – C*Y

Tabelle 17: Gleichungen Hauptverteilungs-Übertragungsstrecke (Schlüssel siehe 4.2.2.1.2)

4.2.2.6.2 Einschränkungen gemäss Referenzmodell nach ISO 11801

- Die physische Länge des Channel darf 100 m nicht überschreiten.
- Die physische Länge des fest installierten Hauptverteilungskabels darf 90 m nicht überschreiten. Je nach der Länge der verwendeten Anschluss- und Rangierkabel sowie der Anzahl der Verbindungen kann die maximale Länge auch geringer sein.

4.2.3 BERECHNUNGSBEISPIELE FÜR EINE FEST INSTALLIERTE VERKABELUNGSSTRECKE

1) Geschirmte Kat. 5e-Installation (STP) bei Normaltemperatur (Bild 4)

   H = 109 – FX => 109 m – (5 m + 5 m) x 1,5 = 94 m

   Die maximal zulässige feste Verkabelungsstrecke wäre theoretisch 94 m, muss aber auf normgerechte 90 m reduziert werden.

2) Ungeschirmte Kat. 6-Installation (UTP) bei 35°C Umgebungstemperatur (Bild 6)

   H = 106 – 3 a –FX – CY => 106 m – 3 m- (5 m+ 5 m) x 1,2) – (15 m x 1,2) = 73 m

   35°C – 20°C = 15°C => 15 x 0,4% = 6% => 73 m x (1- 0,06) = 69 (68,7 m)

Für dieses Projekt ist eine maximale Länge von 69 m fester Verkabelung erlaubt, mit maximal 15 m SP-Kabel und einer Anschlusskabellänge von maximal 5 m.

4.2.4 ABSTÄNDE ZWISCHEN KUPFER-DATENKABELN UND STROMVERSORGUNGSKABELN

4.2.4.1 Allgemeine Anforderungen

Halten Sie die in Tabelle 19 angegeben Mindestabstände zu Stromversorgungskabeln ein. Der in Tabelle 19 genannte Mindestabstand A zwischen Daten- und Stromversorgungskabeln (gemäss EN 50174-2:2009/A1:2011/AC:2011) muss eingehalten werden, um die Einflüsse elektromagnetischer Störstrahlung auf die Datenkabel so gering wie möglich zu halten.

Hinweise:

1) Örtliche Gegebenheiten können grössere Abstände als die hier angegebenen erforderlich machen.
2) Zwischen Datenkabeln und den Fassungen von Leuchtstoff-, Neon-, Glüh- und Entladungslampen (z.B. Quecksilberdampflampen) muss ein Mindestabstand von 130 mm eingehalten werden.
3) UTP-Systeme für 10GBase-T erfordern erheblich grössere Abstände als die durch EN 50174-2 verlangten.
4) Die Einhaltung der oben genannten Mindestentfernungen wird empfohlen. Bei geringeren Abständen drohen EMV-Störeinkopplungen, die während der Tests nicht erkannt werden.
5) In Fällen, in denen die Einhaltung dieser Richtwerte mit Schwierigkeiten verbunden ist (z.B. bei modularen Trennwandsystemen), dürfen Datenkabel unter der Voraussetzung, dass folgende Bedingungen eingehalten werden, auch näher an Stromversorgungszuleitungen für Steckdosen verlaufen:
   a. Parallel laufende Kabelführungen von bis zu 5 m Länge sind zulässig, wenn ein Abstand von 25 mm durch Abstandhalter oder andere geeignete Vorrichtungen sichergestellt werden kann. Falls erforderlich, darf der Abstand auf einer Länge bis zu 150 mm auch weniger als 25 mm betragen, solange sich die Kabel nicht berühren.
   b. Parallel laufende Kabelführungen von bis zu 9 m Länge sind zulässig, wenn ein Abstand von 50 mm sichergestellt werden kann. Auf einer Länge bis zu 300 mm darf der Abstand auch weniger als 50 mm betragen, solange sich die Kabel nicht berühren.
   c. Falls mehrere Kabel auf besonders engem Raum geführt werden müssen, versuchen Sie zumindest, die Kabel so anzuordnen, dass nicht auf der ganzen Länge das gleiche Datenkabel direkt neben den Stromversorgungskabeln verläuft.
6) Elektroschränke und Verteilerschränke für Datenleitungen sollten nach Möglichkeit in verschiedenen Räumen untergebracht werden. In jedem Fall muss der Abstand zwischen Verteilerschränken und Elektroschränken mindestens 1 m betragen.

4.2.4.2 Abstände zu Störstrahlungsquellen

Gewöhnliche Quellen elektromagnetischer Felder sind normalerweise kein Problem für geschirmte Kabel. Als Vorsichtsmassnahme sollten die Kabel (ausgenommen LWL-Kabel) jedoch so weit wie möglich, mindestens aber 1 m entfernt von solchen Störstrahlungsquellen installiert werden. Eine Einkopplung von Störungen ist ausserdem möglich, wenn Datenkabel in der Nähe von Hochfrequenzquellen verlegt sind (beispielsweise Antennen, Übertragungsleitungen, Sender und andere abstrahlende Geräte, Radareinrichtungen, manche industrielle Geräte wie Hochfrequenz-Induktionsheizungen, Hochfrequenzschweissgeräte, Isolationsprüfgeräte, leistungsstarke Elektromotoren und Aufzüge). Die Abstände zu Gebäudestrukturen und -ausstattungen müssen den nationalen und örtlichen Vorschriften entsprechen.

4.2.4.3 Auswirkungen auf Abnahmemessungen

Fremdspannungen auf der Datenverkabelung können die Ergebnisse der im Feld durchgeführten Messungen beeinträchtigen und verfälschen und dadurch eine Abnahmemessung unmöglich machen. Stellen Sie sicher, dass solche äusseren Einflüsse ausgeschlossen werden können. Sollte das Messgerät eine Fremdspannungswarnung anzeigen, versuchen Sie, diese durch Ausschalten möglicher Störquellen (USV, elektronische Vorschaltgeräte usw.) zu eliminieren.

Diese Störspannungen können auch den einwandfreien Betrieb des Netzwerkes empfindlich beeinträchtigen.

4.2.4.4 Trennung von Kabeln in Kabelführungssystemen

Die Mindestanforderungen an die Trennung zwischen informationstechnischen- und Stromversorgungs Verkabelung können gemäss EN 50174-2:2009/A1:2011/AC:2011 wie folgt berechnet werden:

A = S x P

A Abstand zwischen Daten- und Stromversorgungskabel
S Mindestabstand, siehe Tabelle 19
P Faktor für die Stromversorgungsverkabelung, siehe Tabelle 20

4.2.4.4.1 Mindestabstände für STP-, UTP- und unsymmetrische Kabel

Informationstechnisches Kabel					
Geschirmt		**Ungeschirmt**		**Koaxial / twinaxial**	
Kopplungsdämpfung bei 30 MHz bis 100 MHz		TCL bei 30 MHz bis 100 MHz		Schirmdämpfung bei 30 MHz bis 100 MHz	Trennklasse
dB	Kategorie	dB	Kategorie	dB	
>= 80[a]	7, 7_A	>= 70 -10*lg *f*		>= 85[d]	d
>= 55[b]	5, 6, 6_A	>= 60 -10*lg *f*		>= 55	c
>= 40		>= 50 -10**lg f* [c]	5, 6, 6_A	>= 40	b
< 40		< 50 -10*lg *f*		< 40	a

Tabelle 18: Klassifizierung informationstechnischer Kabel gemäss EN 50174-2:2009/A1:2011/AC:2011

a. Kabel, die EN 50288-4-1 (EN 50173-1, Kategorie 7) erfüllen, entsprechen der Trennklasse „d“.
b. Kabel, die EN 50288-2-1 (EN 50173-1, Kategorie 5) und EN 50288-5-1 (EN 50173-1, Kategorie 6) erfüllen, entsprechen der Trennklasse „c“. Diese Kabel können in ihrer Leistung der Trennklasse „d“ entsprechen, sofern die auch die betreffenden Anforderungen an die Kopplungsdämpfung eingehalten werden.
c. Kabel, die EN 50288-3-1 (EN 50174-1, Kategorie 5) und EN 50288-6-1 (EN 50173-1, Kategorie 6) erfüllen, entsprechen der Trennklasse „b“. Diese Kabel können in ihrer Leistung den Trennklassen „c“ oder „d“ entsprechen, sofern die auch die betreffenden Anforderungen an die an die transversale Umwandlungsdämpfung (TCL) eingehalten werden.
d. Kabel, die EN 50117-4-1 (EN 50173-1, Kategorie BCT-C) erfüllen, entsprechen der Trennklasse „d“.

Für informationstechnische Verkabelung oder Stromversorgungsverkabelung verwendete Kabelkanäle				
Trennklasse	Trennung ohne elektromagnetische Barrieren	offener metallischer Kabelkanal [a]	gelochter metallischer Kabelkanal [b, c]	massiver metallischer Kabelkanal [d]
d	10 mm	8 mm	5 mm	0 mm
c	50 mm	38 mm	25 mm	0 mm
b	100 mm	75 mm	50 mm	0 mm
a	300 mm	225 mm	150 mm	0 mm

Tabelle 19: Mindestabstände S gemäss EN 50174-2:2009/A1:2011/AC:2011

a. Die Schirmleistung (0 MHz bis 100 MHz) entspricht einem geschweissten Stahlmaschenkorb mit Maschengrösse 50 mm x 100 mm (Leitern ausgenommen). Diese Schirmleistung kann auch mit einer Stahl-Kabelwanne (Kabelbündel ohne Deckel) mit einer Wandstärke unter 1,0 mm und mehr als 20% gleichmässig gelochter Fläche erzielt werden.

b. Die Schirmleistung (0 MHz bis 100 MHz) entspricht einer Stahl-Kabelwanne (Kabelbündel ohne Deckel) mit einer Wandstärke von 1,0 mm und höchstens 20% gleichmässig gelochter Fläche. Diese Schirmleistung kann auch mit geschirmten Stromleitungen erzielt werden, die nicht die in Anmerkung [d] festgelegten Leistungsmerkmale erfüllen.

c. Die obere Oberfläche der Installierten Kabel muss mindestens 10 mm unterhalb der Oberkante der Barriere liegen.

d. Die Schirmleistung (0 MHz bis 100 MHz) entspricht einem Stahl-Installationsrohr mit 1,5 mm Wandstärke. Der angegebene Trennabstand gilt zusätzlich zu jeglicher durch Trennstege/Barrieren gebotenen Trennung.

4.2.4.4.2 Faktor für die Stromversorgungsverkabelung für STP-, UTP- und unsymmetrische Kabel

Elektrischer Stromkreis [a, b, c]	Anzahl Stromkreise	Faktor für die Stromversorgungsverkabelung P
20 A, 230 V, einphasig	1 bis 3	0,2
	4 bis 6	0,4
	7 bis 9	0,6
	10 bis 12	0,8
	13 bis 15	1,0
	16 bis 30	2
	31 bis 45	3
	46 bis 60	4
	61 bis 75	5
	> 75	6

Tabelle 20: Faktor für die Stromversorgungsverkabelung gemäss EN 50174-2:2009/A1:2011/AC:2011

a Dreiphasige Kabel müssen als drei einzelne einphasige Kabel behandelt werden.

b Mehr als 20 A müssen als Vielfaches von 20 A behandelt werden.

c Stromversorgungskabel für geringere Wechsel- oder Gleichspannung müssen auf Grundlage ihres Nennstroms behandelt werden. Ein Gleichspannungskabel für 100 A / 50 V entspricht also fünf 20-A-Kabeln (P = 0,4).

4.2.4.4.3 Abstandsanforderungen zwischen metallischen informationstechnischen Kabeln und bestimmten EMV-Quellen

Störquellen	Mindestabstand (mm)
Leuchtstofflampen	130 [a]
Neonröhren	130 [a]
Quecksilberdampflampen	130 [a]
Hochdruckentladungslampen	130 [a]
Lichtbogenschweissgeräte	800 [a]
Hochfrequenz-Induktionsheizungen	1000 [a]
Krankenhausgeräte	
Funksendeanlagen	[b]
Fernsehsendeanlagen	
Radareinrichtungen	

Tabelle 21: Abstandsanforderungen zwischen metallischen informationstechnischen Kabeln und bestimmten EMV-Quellen gemäss EN 50174-2

[a] Die Mindestabstände dürfen unterschritten werden sofern angemessene Kabelmanagementsysteme verwendet werden oder Herstellergarantien vorliegen.

[b] Wo keine Herstellergarantien vorhanden sind, ist eine Analyse der möglichen Störungen durchzuführen, z.B. Frequenzbereich, Oberwellen, Transienten, Impulse, übertragene Leistung usw.

4.2.4.5 **Ausnahmen – NUR FÜR BÜROUMGEBUNGEN**

Lockerung der Anforderungen unter bestimmten Bedingungen

- Die Anforderungen gemäss Tabelle 6 müssen nicht beachtet werden und es ist keine Trennung nötig, wenn entweder:
  a) die informationstechnische Verkabelung anwendungsspezifisch ist und die Anwendungen eine Lockerung der Abstandsanforderungen ermöglichen oder wenn
  b) alle folgenden Bedingungen erfüllt sind:
- Die Energieleiter:
  1) bilden nur einphasige Stromkreise;
  2) liefern einen Gesamtstrom, der nicht grösser als 32 A ist;
  3) eines Stromkreises liegen nahe zusammen (z.B. in einem Gesamtaussenmantel, verdrillt, verklebt oder gebündelt).
- Die Umweltklassifizierung der informationstechnischen Verkabelung entspricht E1 gemäss EN 50173-1.
- Die informationstechnischen Kabel erfüllen die Anforderungen der Trennklassen „b“, „c“ oder „d“ gemäss Tabelle 4.

4.3 Lichtwellenleiter-Verkabelung

4.3.1 LWL-SPEZIFISCHE NORMEN

Optische Channels werden gemäss EN 50173 in Klassen verschiedener Länge unterteilt: **OF-100m, OF-300m, OF-500m, OF-2000m, OF5000m, OF10000m**. Die entsprechenden Anwendungsmöglichkeiten sind in ISO/IEC 11801 Ausg. 2 Amd. 2, Anhang F aufgeführt.

Sofern nicht anders angegeben, wird vorausgesetzt, dass in den einzelnen Channels einer Installation nur Fasern mit identischen Spezifikationen verwendet werden.

Es gibt sechs spezifizierte Typen: OM1, OM2, OM3, OM4, OS1, OS2.

Grösste Dämpfung von Lichtwellenleiterkabeln (dB/km)							
TIA-586-C ISO/IEC 14763-3	Multimode		Singlemode				
	OM1 bis OM4		OS1		OS2		
Wellenlänge	850 nm	1300 nm	1310 nm	1550 nm	1310 nm	1383 nm	1550 nm
Kabeldämpfung (dB/km)	3,5	1,5	1,0	1,0	0,4	0,4	0,4
Adapterdämpfung (dB)	0,75						
Spleissdämpfung (dB)	0,3						

Tabelle 22: Dämpfung von LWL-Kabeln

Max. modale Bandbreite (MHz x km)				
Wellenlänge		Bandbreite Overfilled Launch		Effektive Laserbandbreite
Kategorie	Nomineller Kerndurchmesser	850 nm	1300 nm	850 nm
OM1	50 oder 62,5	200	500	nicht spezifiziert
OM2	50 oder 62,5	500	500	nicht spezifiziert
OM3	50	1500	500	2000
OM4	50	3500	500	4700

Tabelle 23: maximale modale LWL-Bandbreite

Die europäische Norm EN 50173 erkennt derzeit „OF“-Klassen an. Es wird jedoch erwartet, dass dieses Klassifizierungssystem in zukünftigen Versionen der Norm entfällt. Um dies vorwegzunehmen, stellen wir die folgenden Tabellen mit den in Zukunft geltenden spezifischen Dämpfungen und Anwendungslängen zur Verfügung.

EN 50173 ISO/IEC 11801	OF-300	OF-500	OF-2000
MMF 850 nm (1300 nm)	2,55 (1,95)	3,25 (2,25)	8,50 (4,50)
SMF 1310 nm (1550 nm)	1,80 (1,80)	2,00 (2,00)	3,50 (3,50)

Tabelle 24: Dämpfung der OF-Klassen

Grösste Dämpfung von Lichtwellenleiterkabeln (dB/km)							
Typische Werte für R&M	Multimode		Singlemode				
	OM1 bis OM4		OS1		OS2		
Wellenlänge	850nm	1300nm	1310nm	1550nm	1310nm	1383nm	1550nm
Kabeldämpfung (dB/km)	3,5	1,5	1,0	1,0	0,4	0,4	0,4
Adapterdämpfung (Grade B) (dB)	0,5						
MPO-Dämpfung (dB)	0,6						
Spleissdämpfung (dB)	0,1						

Tabelle 25: Dämpfung von Lichtwellenleiterkabeln, R&M*freenet*

4.3.2 DÄMPFUNGSEINSCHRÄNKUNGEN IN LICHTWELLENLEITERINSTALLATIONEN

Die folgenden Tabellen bieten einen Anhaltspunkt für die Anzahl der Verbindungen, die in Verkabelungsstrecken der einzelnen Anwendungen maximal verwendet werden können. Als Berechnungsgrundlage dient die gemäss IEEE maximal zulässige Kanaldämpfung.

LWL-Systeme von R&M	1000Base-SX			10GBase-S			40 und 100GBase
OM3 (OM4)	< 75 m	150 m	300 m	< 75 m	150 m	300 m	< 75 m
LWL-Steckverbinder	8	8	6	8	8	2 (8)	4
Pigtails	8	6	4	8	6 (8)	2 (6)	4
Pre-Term Links	8	8	6	8	8	2 (8)	4
MPO/MPT™	8	6	4	8	6 (8)	2 (6)	4

Tabelle 26: mit R&M*freenet* maximal mögliche Verbindungen in Multimode-LWL-Systemen nach Ethernet-Anwendung

LWL-Systeme von R&M	4G FC 400-SM-LC			8G FC 800-SM-LC		16G FC 1600-SM-LL
OM3 (OM4)	< 75 m	150 m	300 m	< 75 m	150 m	< 100 m
LWL-Steckverbinder	6	6	4	4	2 (4)	2 (4)
Pigtails	6	6	2	4	2	2 (4)
Pre-Term Links	6	6	4	4	2 (4)	2 (4)

Tabelle 27: mit R&M*freenet* maximal mögliche Verbindungen in Multimode-LWL-Systemen nach FC-Anwendung

LWL-Systeme von R&M	1000 Base-L	10G Base-L	40/100G Base-L	4G FC 400-SM-LC	8G FC 800-SM-LC-L	10G FC 1200-SM-LL	16G FC 1600-SM-LL
OS2	1 km	1 km	1 km	1 km	1 km	1 km	1 km
LWL-Steckverbinder	8	10	10	8	10	10	10
Pigtails	6	6	6	6	6	6	6
Pre-Term Links	8	10	10	8	10	10	10
MPO/MPT™	6	6	6	6	6	6	6

Tabelle 28: mit R&M*freenet* maximal mögliche Verbindungen in Singlemode-LWL-Systemen nach Anwendung

4.3.3 BERECHNUNGSBEISPIELE FÜR FEST INSTALLIERTE LWL VERKABELUNGSSTRECKEN

Büroverkabelung

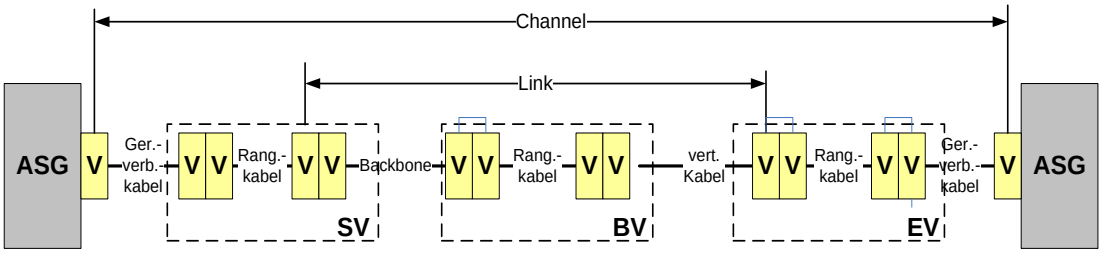


Bild 13: Berechnungsbeispiel Büroverkabelung

Die Abbildung zeigt einen zentralen Standortverteiler (SV), von dem aus die Büroverkabelung über einen Gebäudeverteiler (GV) und Rangierung zu einem Etagenverteiler (EV) geführt ist, bei dem sich der Access Switch befindet. Die Verkabelung erfolgt mit OM4-Kabeln und -Steckern.

- Müssten Kabelstandard und Kabellängen der ISO/IEC-Norm entsprechen, wären 100Base-Fx für MMF und 1000Base-Sx für SMF vorgeschrieben. Die Gesamtdämpfung der Strecke beträgt bei sechs Verbindungen mit jeweils 0,75 dB insgesamt 6 dB.
- Mit R&M-Komponenten kann die Verkabelungsstrecke bei 1000Base-Sx bis zu 300 m und bei 10GBase-S bis zu 150 m lang sein (siehe Tabelle 26).

Rechenzentren

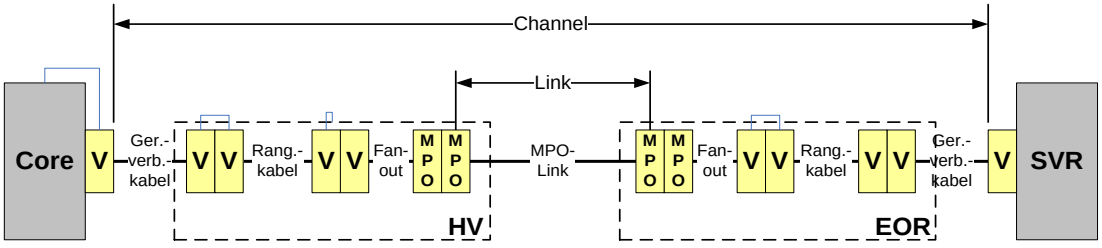


Bild 14: Berechnungsbeispiel Rechenzentrumsverkabelung

Das vorliegende Beispiel zeigt ein Rechenzentrum mit End-of-Row-Konfiguration und MPO-Verbindungstechnik zwischen Hauptverteiler (HV) und Bereichsverteiler (BV).

- Laut den Dämpfungsvorgaben in ISO/IEC 14763-3 und TIA/EIA 586-C könnten über dieses Link nur (höchstens) 1G übertragen werden. Schnellere Anwendungen wären ausgeschlossen. Die Gesamtdämpfung der Strecke beträgt bei vier Verbindungen mit jeweils 0,75 dB und zwei MPOs mit jeweils 0,75 dB insgesamt 6 dB.
- Mit R&M-Produkten wären in der genannten Konfiguration 1G und 10G möglich (siehe Tabelle 26). Würde die Fanout-Box durch ein MPO-MPO-Anschlussfeld ersetzt, wären sogar 40G- und 100G-Protokolle machbar.

5 INSTALLATION

5.1 ALLGEMEINES

5.1.1 SICHERHEIT

Der Installateur muss alle nötigen Schutzmassnahmen ergreifen, um sicherzustellen, dass Mitarbeiter und Anlagen sowie er selbst und Dritte geschützt sind. Hierzu gehört das Tragen von Schutzkleidung und Schutzbrille ebenso wie das Beachten von Warnzeichen und Absperrungen. Alle im jeweiligen Land geltenden Gesetze und Bestimmungen, die die Sicherheit betreffen, sind stets einzuhalten.

Neben den rechtlichen Aspekten ist ausserdem jeder selbst für den Schutz seiner Gesundheit verantwortlich.

Nach derzeitiger Rechtslage ist der Planer für die Sicherheit des Projekts verantwortlich. Vom Eigentümer des Gebäudes wird erwartet, dass er die vielen Standards betreffend die Sicherheit der elektrischen Gebäudeinfrastruktur einhält.

5.1.2 KENNZEICHNUNG UND VERWALTUNG

Alle Verkabelungsnormen schreiben eine entsprechende Kennzeichnung von Komponenten und Telekommunikationsräumen vor.

Unter allen Verkabelungsnormen, die die Identifikation, Kennzeichnung und Aufzeichnung aller Verkabelungselemente in einer Datenbank vorschreiben, sticht TIA/EIA 606-B hervor, da diese Norm konkrete Regeln zu diesem Thema enthält. ISO/IEC 14763-1 und EN 50174-1 überlassen es den Installateuren selbst, wie sie die Identifikation, Kennzeichnung und Aufnahme in die Datenbank regeln.

Bei der Entwicklung und Lieferung von R&M*freenet*-Komponenten wird grosser Wert darauf gelegt, den Installateur bei der Einhaltung der normativen Vorgaben zu unterstützten. R&M unterstützt den Installateur darüber hinaus auch bei der Umsetzung alternativer Methoden, sofern die drei folgenden Voraussetzungen erfüllt sind:

1) Alle Verkabelungselemente werden in der Installationsdatenbank aufgeführt und eingetragen.
2) Alle Verkabelungselemente werden gemäss einer der anerkannten Verkabelungsnormen gekennzeichnet.
3) Es gibt eine Datenbank des Verkabelungssystems, die alle Komponenten und zwischen ihnen bestehenden Verbindungen enthält.

5.1.3 INSTALLATIONS-CHECKLISTE

Die folgende Liste enthält die Merkmale einer ordnungsgemässen und professionellen Installation.
Die Liste erhebt jedoch keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

- Am Standort müssen geeignete Mitarbeiter für das Einziehen der Installationskabel zur Verfügung stehen.
- Vor dem Verlegen der Kabel müssen scharfe Kanten an Durchbrüchen und Rohren entgratet werden, um Beschädigungen des Kabelmantels beim späteren Einziehen und Befestigen auszuschliessen.
- Für das Durchqueren von Wänden müssen Kabelkanäle oder Rohre verwendet werden. Denken Sie daran, dass der zur Verfügung stehende Raum laut Norm nur zu 40 bis 60% belegt werden darf.
- Beim Installieren der Kabel dürfen die durch den Kabelhersteller spezifizierten Biegeradien nicht unterschritten werden. Dies gilt ebenso für die Situation nach dem Verlegen der Kabel.
- Um unbeabsichtigte Beschädigungen der Kabel zu vermeiden, sollten die Kabel direkt von den Kabeltrommeln aus in die Kabeltrassen geführt werden. Ein mehrere Meter langes Ablegen auf dem Boden ist zu vermeiden.
- Sorgen Sie für passende Werkzeuge für das Abrollen, Verlegen und/oder Einziehen der Kabel. Für Ecken sollten Umlenkrollen sowie Mitarbeiter vorhanden sein, die sie bedienen können.
- Jegliche mechanische Belastungen und Knicke (wie sie zum Beispiel durch unsachgemässe Befestigung oder das Gewicht überkreuzender Installationskabel hervorgerufen werden können) der Kabelisolationen und Leitern sind zu vermeiden.
- Die Radien der Kabeltrassen sind so zu bemessen, dass der für das Kabel spezifizierte minimale Biegeradius auch bei Richtungswechseln nicht unterschritten wird.
- Rohre oder Kabelkanäle aus Metall müssen ordnungsgemäss verbunden und geerdet sein.
- Bündeln Sie keine Kabel (insbesondere keine U/UTP-Kabel). Lässt sich dies nicht umgehen, halten Sie die Kabelbündel zumindest so klein wie möglich.
- Beim Befestigen verschiedener Typen von Kabeln dürfen keine Kabelbinderpistolen oder ähnliche Werkzeuge verwendet werden. Dies gilt auch für das Anbringen von Kabelbindern für Zugentlastungen von Anschlussmodulen.
- Die Kabel dürfen keinen Druckkräften infolge unsachgemässer Befestigung durch Kabelschnellverleger oder Kabelbinder ausgesetzt sein. Prinzipiell ist zu beachten, dass die Geometrie des Kabelmantels nicht verändert werden darf.
- Nach Abschluss der Arbeiten müssen die betreffenden Kabeltrassen (Doppelböden, Wanddurchführungen usw.) wieder geschlossen werden, um das Eindringen von Schmutz und Beschädigungen zu vermeiden, wodurch die Übertragungseigenschaften der installierten Kabel beeinträchtigt werden könnten.
- Datenkabel reagieren empfindlich auf direkte Hitzeeinwirkung. Daher dürfen in ihrer Nachbarschaft keine Heissluftgebläse oder Gasbrenner für das Anbringen von Schrumpfschläuchen verwendet werden.
- Werden Chemikalien eingesetzt, um das Einziehen der Kabel zu erleichtern, müssen diese unbedingt mit dem Material des Kabelmantels kompatibel sein.
- Dies gilt auch für alle Chemikalien (besonders Sprays), die für andere Kabel verwendet werden, die unbeabsichtigt in Kontakt mit den Datenkabeln kommen können.

5.1.4 LAGERUNG DES INSTALLATIONSKABELS

Wird ein Installationskabel (Kupfer oder Glasfaser) nach Lieferung nicht unmittelbar für die Installation verwendet, muss es an einem dafür geeigneten Ort gelagert werden. Der Lagerort muss trocken und vor schädlichen mechanischen und klimatischen Einflüssen geschützt sein. Das Lagergut ist nach Möglichkeit bis zur Installation in der Originalverpackung zu belassen. Aufgrund des relativ lockeren Aufbaus des Kabels (generell bei allen symmetrischen Datenkabeln) kann eine gewisse Kapillarwirkung entstehen, die Feuchtigkeit ins Kabel transportieren kann. Dringt auf diese Weise Wasser ein, verändert sich die Impedanz des Kabels, was wiederum einen negativen Einfluss auf die elektrischen Übertragungseigenschaften des Kabels hat.

Neben der Gefahr der Korrosion von Adern und Schirmung wird durch die eindringende Feuchtigkeit auch die Wirkung der Aderisolation vermindert. Zudem kann das eingedrungene Wasser bei Minustemperaturen den Mantel sprengen. Daher sollten Kabelenden immer geschützt werden. Glasfaserkabel sollten mit einem Schrumpfaufsatz versehen werden.

Werden Datenkabel im Winter angeliefert, sollten die Kabeltrommeln, die längere Zeit Minustemperaturen ausgesetzt waren, einige Zeit zur Akklimatisierung in wärmerer Umgebung bleiben, bevor sie abgerollt und die Kabel eingezogen werden.

Die Abnahmeprüfung ist der erste Schritt des Qualitätsprozesses. Die Prüfung sollte folgende Punkte beinhalten: Anzahl Kabel, Verifizierung der Artikelnummern, Aufzeichnung der Rückverfolgbarkeit-Indikatoren (Produktionsserie, Herstellungsdatum, Fertigungslos) und wenn möglich die Verifizierung der Funktionalität durch Erstellen eines Probe-Links, der gemäss geltenden Normen geprüft werden kann. Vor der Prüfung sollten zwei bis drei Tage vergehen, damit sich die Kabel von der Belastung durch Verlegung und Einziehen erholen können.

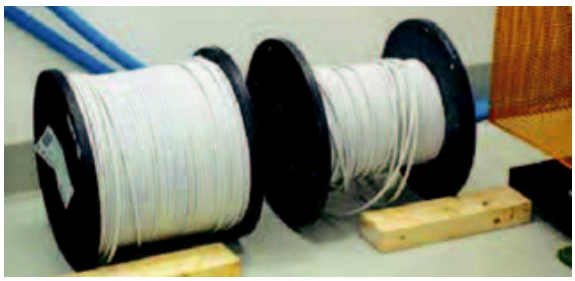


Bild 15: trocken gelagertes Kupferkabel

Bild 16: falsch gelagertes Kupferkabel

5.2 KUPFERKABEL

5.2.1 KABELEIGENSCHAFTEN

5.2.1.1 Allgemeine Anforderungen

Der Biegeradius wird in den Datenblättern von R&M in mm oder als Vielfaches des Aussendurchmessers des Kabels angegeben (siehe folgender Auszug aus dem Datenblatt eines Datenkabels). Es wird dabei zwischen einem minimal zulässigen Radius beim Verlegen des Installationskabels und einem minimal zulässigen Radius in verlegtem Zustand (ohne mechanische Belastung) unterschieden.

Eigenschaften Kupferkabel			
Radien		Temperaturbereich [°C]	
minimaler Biegeradius, Installation	8 x D	Betrieb	-20 bis +75
minimaler Biegeradius, installiert	4 x D	Installation	0 bis +50
Zugfestigkeit Kupferkabel [N]		Materialien	
maximale Zugfestigkeit Installation	100 @ (10 kg)	PVC	IEC 60332-1
maximale Zugfestigkeit Installation Real10	80 @ (8 kg)	LSZH	IEC 61034, IEC 60754-1, IEC 60332-1-2
maximale Zugfestigkeit, installiert	kein Zug	LSFRZH	IEC 61034-1, IEC 60754-2, IEC 60332-3-24
		Brandlast [MJ/km]	
		PVC	276
		LSZH	639
		LSFRZH	550

Tabelle 29: Datenblatt-Beispiel Kupferkabel

5.2.2 VERLEGEN DER KABEL

Damit die Normwerte eingehalten werden können, ist es äusserst wichtig, die Kabel sehr sorgfältig zu verlegen.

Symmetrische Installationskabel sind nur für eine einmalige Installation vorgesehen. Die Konstruktion der Datenkabel ist heute so weit ausgereizt, dass bereits Leistungseinbussen durch nicht sachgemässe Installation zu nicht erfolgreichen Abnahmemessungen führen können.
Bei der Verlegung der Kabel sind daher folgende Anforderungen strikt einzuhalten.

5.2.2.1 Allgemeines

Bei der Verlegung von Kabeln in Kanälen von Unterflursystemen ist darauf zu achten, dass die Kabel nirgends eingeklemmt werden, da sie dadurch mit grösster Wahrscheinlichkeit beschädigt werden. Dies ist häufig beim Einsetzen von Bodenplatten der Fall und führt zu irreparablen Schäden an den Installationskabeln. Rollen Sie überschüssiges Kabel nicht auf, da dies zu Reflexionen mit entsprechender Rückflussdämpfung und damit zu einem Nichtbestehen der Abnahmeprüfung führen kann.

Vor dem Kabeleinzug ist das Auslegen (längeres Abspulen) der Kabel zu vermeiden, um Beschädigungen des ausgelegten Kabels durch Dritte zu vermeiden. Beachten Sie, dass symmetrische Kabel für Anwendungen in Innenräumen gedacht sind und daher immer geschützt werden sollten. Ungeschützte Kabel könnten beschädigt werden.

Die Kabel dürfen nicht seitlich über die Flanken der Kabeltrommel abgewickelt werden. (Gefahr der Verdrehung der Kabel. Die Geometrie der symmetrischen Paare wird dadurch empfindlich verändert.)

Wurde beim Einziehen der Kabel Feuchtigkeit oder Nässe festgestellt, muss die Herkunft des Wassers festgestellt und das Problem muss behoben werden. Alle Kabel, die während der Verlegens Wasser ausgesetzt waren, müssen ersetzt werden.

5.2.2.2 **Maximale Zugkräfte**

Maximale Zugkraft während der Installation	100 N

Es gibt spezielle Werkzeuge, die es unmöglich machen, eine bestimmte Zugkraft zu überschreiten. Dies sichert die Qualität des paarverdrillten Kabels.
Um die Zugkräfte im Installationskabel beim Abrollen weiter zu verringern, empfiehlt es sich, dem Abwickelvorgang durch manuelles Drehen der Kabeltrommel nachzuhelfen. Wenn möglich, sollte also manuell abgerollt werden.

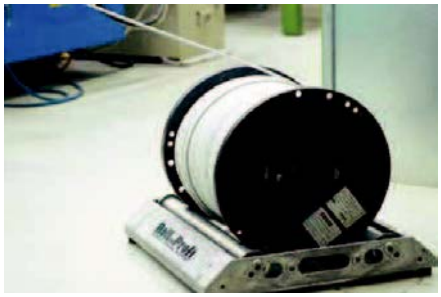


Bild 18: richtige Abrollrichtung

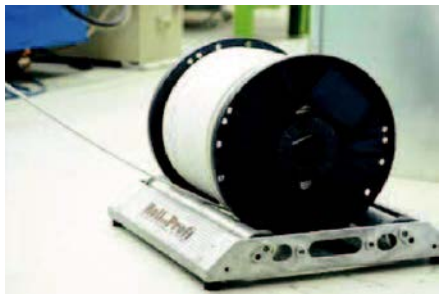


Bild 17: falsche Abrollrichtung

Bedienen Sie sich beim Verlegen der Installationskabel in vertikale Schächte oder Steigzonen der natürlichen Schwerkraft – ziehen Sie die Kabel nicht den Schacht hinauf, sondern lassen Sie möglichst sie von oben hinunter. Somit verhindern Sie unnötige Zugkräfte.

Bild 19: richtige Ausführung einer Steigzone

Manchmal allerdings wird dies nur schwer oder gar nicht möglich sein. Müssen Sie die Kabel nach oben ziehen, sorgen Sie dafür, dass ausreichend viele Mitarbeiter verfügbar sind, um die Kabel sicher und vorsichtig durch alle Stockwerke zu ziehen. Beim Verlegen der Installationskabel in Kabelkanälen sichern Sie diese mit Klettverschluss-Kabelbindern. Vermeiden Sie Kabelbinder aus Kunststoff. Befestigen Sie die Kabel, sobald sie sich in ihrer endgültigen Lage befinden. Danach sollten die Kabelbündel auf keinen Fall mehr gebogen werden. Achten Sie darauf, dass die Kabelbinder nicht zu fest angezogen sind. Die Kabel sollten sie noch etwas gedreht werden können und der Kabelmantel sollte seine ursprüngliche Form beibehalten. Werden die Kabelbinder zu fest angezogen, entstehen Druckstellen, die die elektrischen Übertragungseigenschaften der Datenkabel verschlechtern. Bei vertikaler Installation ist maximal alle 600 mm eine Zugentlastung empfehlenswert. Vermeiden Sie Kabelbündelung oder beschränken Sie die Anzahl der gebündelten Kabel, um Fremdübersprechen (Alien Crosstalk) und Kabelüberbelastungen beim Bewegen oder Biegen der Bündel zu verhindern. Überprüfen Sie die Einhaltung der spezifizierten Biegeradien.

Bild 20: richtige Befestigung vertikal verlaufender Kabel

Beim Einziehen des Kabels sollte ein Kabelziehstrumpf verwendet werden. Hinweis: Befestigen Sie alle Adern am Einziehwerkzeug und sichern Sie sie mit Isolierband.

5.2.2.3 Kabel-Biegeradius

Faustregel für die Biegeradien von R&M*freenet*-Kupfer-Installationskabeln:

Kategorie	Installation	Installiert
Kat. 5e	50 mm	25 mm
Kat. 6/6A	60 mm	50 mm
Kat. 7/7A	70 mm	50 mm
Real10 U/UTP	70 mm	60 mm

Tabelle 30: Beispiele für Biegeradien bei Kupferverkabelung

Entnehmen Sie die genauen Angaben stets dem betreffenden Datenblatt.

Zu enge Biegeradien, insbesondere während der Installation des Kabels, können den mechanischen Aufbau der verdrillten Adern innerhalb des Kabels verändern und somit auch die Übertragungseigenschaften des Kabels beeinträchtigen (vor allem NEXT, FEXT und RL).
Falls Kabel im Bereich von Biegungen und Abzweigungen über Kanten laufen, achten Sie beim Einziehen darauf, dass die für den entsprechenden Kabeltyp vorgegebenen minimalen Biegeradien nicht unterschritten werden. Müssen Kabel über Kanten eingezogen werden, kontrollieren Sie, dass der Kabelmantel nicht durch Reibung oder Zugspannung beschädigt werden kann. Sorgen Sie dafür, dass das Gesamtgewicht aller eingezogenen Installationskabel für die zuunterst liegenden Installationskabel nicht zu gross ist.
Zum schonenden Einziehen empfiehlt es sich, Führungen und Rollen zu verwenden (siehe Bild 1), das Kabel mindestens zu zweit manuell einzuziehen oder Stück für Stück zu installieren.

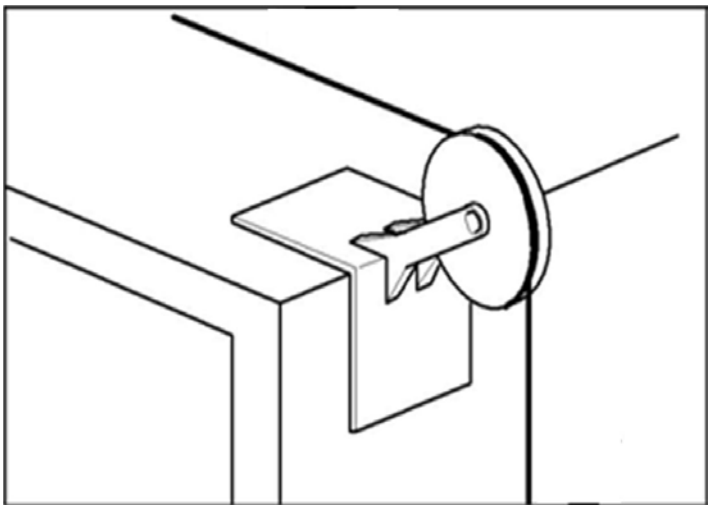


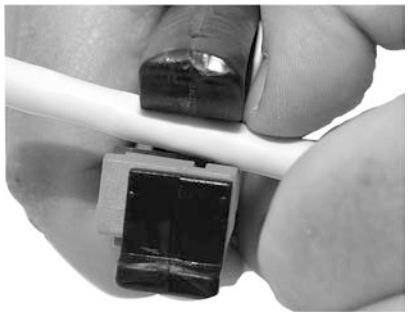
Bild 21: Umlenkrolle für die Kupferkabel-Installation

5.2.3 BEARBEITEN DER KABEL

Entfernen Sie bei Installationskabeln mit bis zu 11 mm Durchmesser den Aussenmantel mit dem Abisolierwerkzeug für ungeschirmte und geschirmte Datenkabel.

Bild 22: Abisolierlänge

Bild 23: Abisolierwerkzeug



Drehen Sie das Werkzeug in die entsprechende Richtung einmal um die Achse des Kabels. Halten Sie das Kabel dabei mit der anderen Hand gut fest.

Bild 24: Einschnitt vornehmen

Um die Installation zu lösen, biegen Sie das Kabel im Schnittbereich nach unten und nach oben und ziehen Sie anschliessend die so gelöste Isolation vom Kabel ab.

Bild 25: Abisolieren

5.2.4 BESCHALTUNG DER ANSCHLUSSMODULE

5.2.4.1 BESCHALTUNG DES KAT.5e/ 6 ANSCHLUSSMODULS

[http://youtu.be/wA6xoD5Piyw]

Der folgende Ablauf für die Beschaltung der Kat.5e und Kat.6 Module ist bei ungeschirmter und geschirmter Version ähnlich.

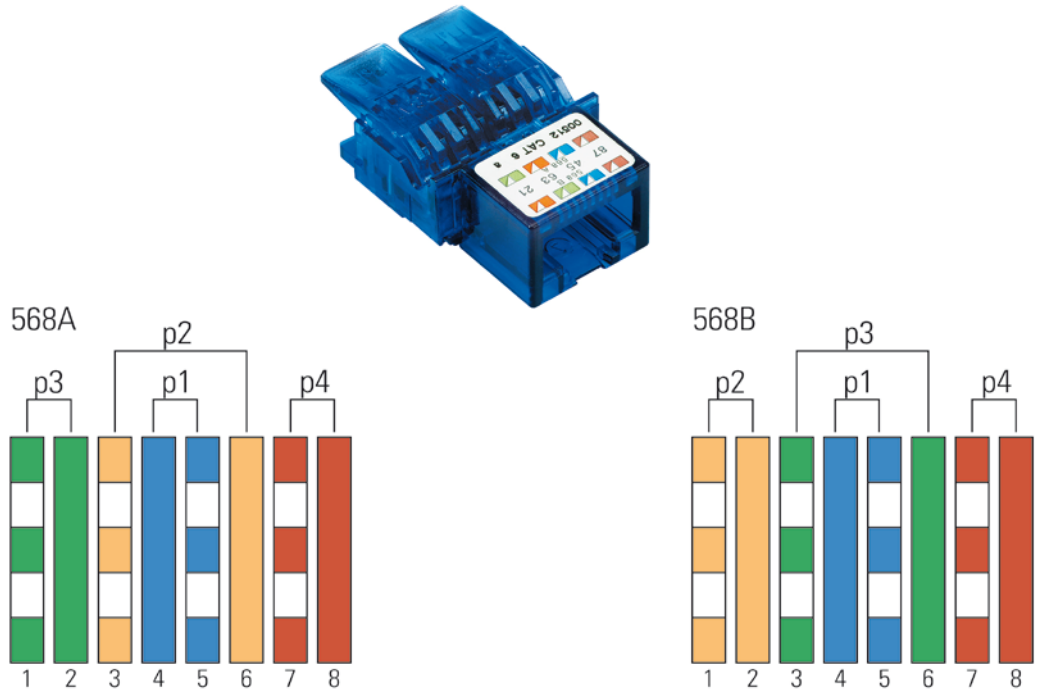


Bild 26: Beschaltung des Kat.5e/6 Anschlussmoduls

Je nach Modul-Typ, Kat.5e und Kat.6, können unterschiedliche Schirmhauben montiert werden.

R&M empfiehlt für seine Kabel die 568A Aufschaltung, um unnötige Überkreuzungen von Kabelpaaren zu vermeiden.

5.2.4.2 BESCHALTUNG DES KAT.6_A-ANSCHLUSSMODULS

[http://youtu.be/_w3cil_GOQk]

Der folgende Ablauf für die Beschaltung des Kat.6_A Anschlussmoduls ist bei ungeschirmter und geschirmter Version ähnlich.

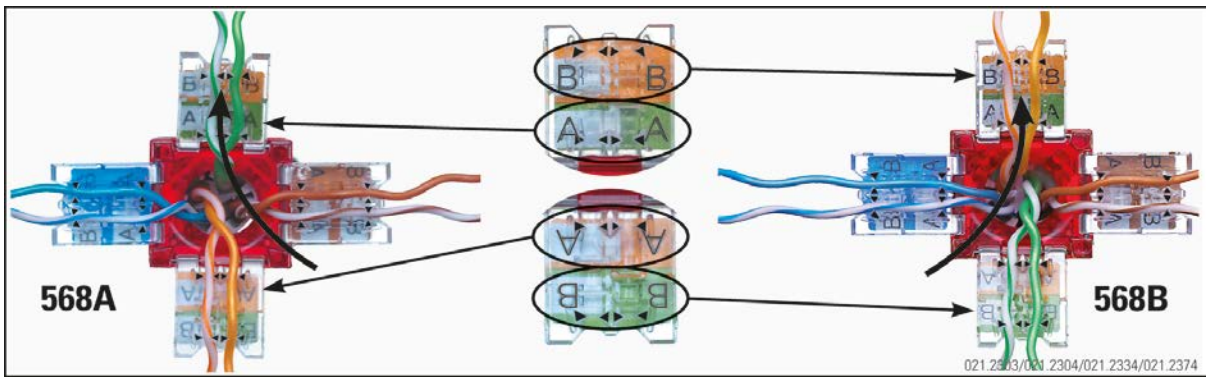


Bild 27: Beschaltung des Kat.6_A Anschlussmoduls

5.2.5 KABELMANAGEMENT

Es gibt verschiedene Möglichkeiten, die Installationskabel vom Kabeleintritt im Verteilerschrank zu den Anschlussmodulen zu führen. Es muss sichergestellt werden, dass die Kabel ausreichend zugentlastet sind und in einer Schleife verlaufen, damit die Elemente leicht nach vorne herausgenommen werden können (Kabelreserve dient für Wartungszwecke oder für spätere Aufrüstung von Kat.5e auf Kat.6).

Bild 28: richtiges Kabelmanagement

Bild 28: falsches Kabelmanagement, zu grosse Bündel

Bild 30: falsches Kabelmanagement, Kabelführungen falsch verwendet

5.2.6 RANGIERKABEL

Rangierkabel erweisen sich zunehmend als Schlüsselfaktor für die Erreichung der gewünschten Channel-Performance.
Aus diesem Grund empfiehlt R&M, nur Rangierkabel höchster Qualität zu verwenden. Rangierkabel sollten nach jeweils 750 Steckvorgängen ausgetauscht werden.
Der minimale Biegeradius dieser Kabel beträgt 4 x D. Knicke und Verdrehungen können die Leistung der Kabel beeinträchtigen.
Zugkräfte sind nicht zulässig (maximal 2 N).
Mit R&M-Systemen sollten in jedem Fall Rangierkabel von R&M verwendet werden.

5.2.7 POTENZIELLE FEHLERQUELLEN IN DER UGV

5.2.7.1 Kat.5e/ 6 Modul

Eine wichtige Fehlerquelle ist eine unsachgemässe Aufschaltung der R&M-Anschlussmodule. Bitte folgen Sie für eine korrekte Aufschaltung von Anschlussmodulen der beigelegten Installationsanleitung.

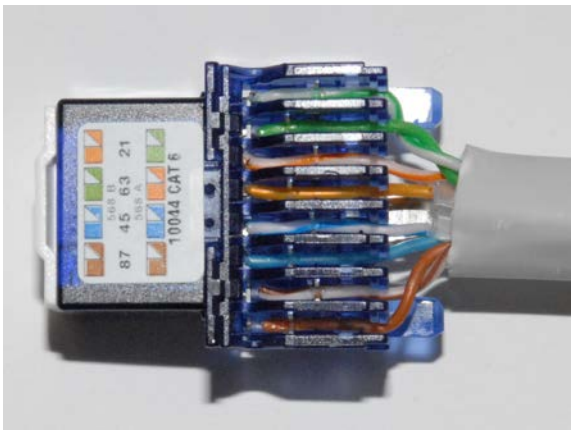


Bild 301: korrekte Aufschaltung / zusätzliche Verdrillung der Aussenpaare / keine Überkreuzung

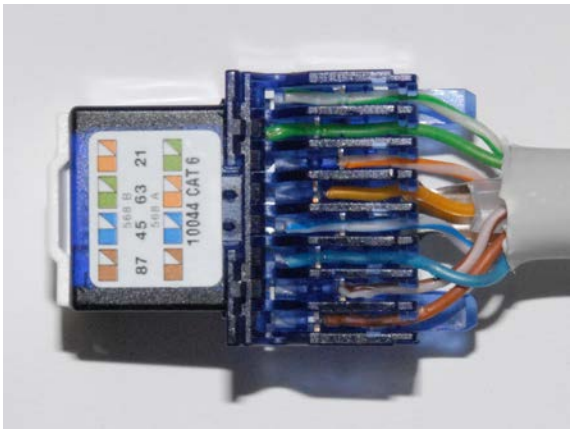


Bild 292: falsche Aufschaltung / Luftspalte zwischen den Paaren / überlappende Paare / Paare nicht vollständig eingeführt (orange)

Die Aderpaare sollen auf dem kürzesten Weg direkt und ohne Überkreuzung eines anderen Aderpaares vom Ende des Kabelmantels aus zu den Aufnahmen im Anschlussmodul geführt werden. Nur mit einer korrekten Aufschaltung kann das Bestehen der Abnahmemessung garantiert werden. Der Kabelmantel sollte so am Modul montiert werden, wie im Bild „korrekte Aufschaltung“ gezeigt wird. Der Kabelbinder sollte maximal so fest angezogen werden, dass der Kabelmantel nicht deformiert wird.

5.2.7.2 Installation

- Installationskabel müssen gemäss Anleitung des Installateurs oder Planers verlegt werden.
- Die Kabel sind zu verlegen, nicht einzuziehen (max. Zugkraft gemäss Kabellieferant).
- Die Kabelbinder dürfen nur mit wenig Zug- oder Druckkraft angebracht werden.
- Die Biegeradien müssen eingehalten werden.
- Knicke und Quetschungen sind zu vermeiden.

5.2.7.3 Messgeräte

- jährliche Kalibrierung
- tägliche Referenzmessung
- Adapterkabel müssen gemäss Herstellerrichtlinien und Norm eingesetzt werden, da ansonsten verschlechterte Messwerte zu erwarten sind.
- Kat.6_A Messadapterkabel sind immer äusserst sorgfältig zu behandeln und mit grösstmöglichem Biegeradius zu lagern.
- Da die Lebensdauer der Messadapter begrenzt ist, ist beim Gerätehersteller zu klären, wie viele Messungen durchgeführt werden können und wann neue Adapter bestellt werden müssen.
- Die Konsistenz der Messresultate muss in regelmässigen Abständen kontrolliert werden.

5.3 LICHTWELLENLEITER

5.3.1 SICHERHEIT

5.3.1.1 Risiken bei Glasfasern

Bild 31: Laser-strahlung

Offene Glasfaserenden nicht mit Augen oder Haut in Kontakt bringen. Mit Abfallfragmenten sorgfältig umgehen, nicht mit blossen Händen, sondern nur mit speziellen Handschuhen aufheben. Abfallentsorgung nur in Behältern, die geeignet und zugelassen sind. Der Abfall an Glasfasern sollte möglichst gering gehalten werden. Muffen, die Anschlusspunkte für Glasfaserkabel enthalten, müssen mit einem entsprechenden Warnzeichen oder gut sichtbarer Beschriftung gekennzeichnet werden.

5.3.1.2 Vorsichtsmassnahmen beim Umgang mit Lasern

Die in der faseroptischen Verkabelung eingesetzte Laserstrahlung ist unsichtbar, kann aber zu schweren Augenschäden führen Das direkte Hineinsehen ist nicht schmerzhaft, daher schliesst sich die Iris nicht automatisch wie etwa bei hellem Licht. Dadurch kann die Netzhaut des Auges schweren Schaden nehmen. Darum gilt:

- Schauen Sie nie direkt in eine Faser, an die ein Laser gekoppelt ist.
- Suchen Sie sofort ärztliche Hilfe, falls Ihre Augen Laserstrahlung ausgesetzt waren.

5.3.1.3 Übersicht der Laserklassifizierung

Laser werden gemäss IEC 60825-1 Ausg. 3.0:2013 nach ihrem Gefahrenpotenzial in sieben Klassen eingeteilt. Diese Klassen sind 1, 1M, 2, 2M, 3R, 3B und 4. Die Hersteller der Laser müssen ihre Produkte mit Warnhinweisen kennzeichnen. In bestimmten Fällen müssen gemäss der genannten Norm auch Emissionswerte, Laseraperturen, Gefahren für die Haut und unsichtbare Wellenlängen angegeben werden. Laser ab Klasse 2 müssen darüber hinaus mit dem hier gezeigten Warnzeichen versehen werden.

Bild 32: Laser Klasse 1

Laser dieser Klasse werden unter allen normalen Betriebsbedingungen und auch bei Verwendung optischer Betrachtungsinstrumente als sicher eingestuft. Zu Klasse 1 gehören auch höherenergetische Laser, die vollständig abgeschirmt sind, so dass keine Strahlung austreten kann (eingebettete Laserprodukte).

Bild 33: Laser Klasse 1M

Laser der Klasse 1M sind ebenfalls auch bei direktem längeren Betrachten mit blossem Auge sicher. Zu Augenschäden kann es jedoch kommen, wenn unter bestimmten Umständen wie in IEC 60825-1 Ausg. 3.0:2013 beschrieben bestimmte Betrachtungsinstrumente eingesetzt werden. Die Wellenlänge dieser Laser kann zwischen 302.5 nm und 4000 nm liegen.

Bild 34: Laser Klasse 2

Laser der Klasse 2 senden sichtbare Strahlung im Wellenlängenbereich von 400 nm bis 700 nm aus. Ein längerer direkter Blick in den Strahl kann gefährlich sein. Das Betrachten mit optischen Instrumenten führt jedoch zu keinem erhöhten Risiko.

Bild 35: Laser Klasse 2M

Laser der Klasse 2M senden wie Laser der Klasse 2 sichtbare Laserstrahlung aus. Das kurzfristige Betrachten mit blossem Auge ist ungefährlich. Das (auch kurzzeitige) Betrachten mit optischen Instrumenten kann unter bestimmten Voraussetzungen jedoch gefährlich sein. Es kann ausserdem zu Blendwirkungen, kurzfristigen Sehkraftverlusten und Nachbildern kommen, die mittelbar die Sicherheit beeinträchtigen können.

Bild 36: Laser Klasse 3R

Laser der Klasse 3R sind im Vergleich zur Klasse 2M gefährlicher, da ihre Laserstrahlung schneller zu Augenschäden führt. Blendwirkungen, kurzfristige Sehkraftverluste und Nachbilder, die mittelbar die Sicherheit beeinträchtigen können, treten mit höherer Wahrscheinlichkeit auf.

Bild 37: Laser Klasse 3B

Laser der Klasse 3B führen in der Regel bereits bei kürzestem Betrachten der Strahlung zu Augenschäden. Strahlung, die auf die Haut trifft, kann diese verletzen. Es besteht sogar die Gefahr, dass brennbare Materialien entzündet werden.

Bild 38: Laser Klasse 4

Zu dieser Klasse zählen die gefährlichsten Laser. Ihre Strahlung ist sogar bei indirekter Exposition äusserst gefährlich für das Auge. Auch reflektierte Strahlen können gefährlich sein. Die Strahlung dieser Laser kann Hautverletzungen hervorrufen und Brände auslösen.

Tabelle 31: Überblick über die Laserklassen gemäss IEC 60825 Ausg. 3.0:2013

5.3.1.4 Vorsichtsmassnahmen beim Umgang mit optischen Fasern

Abgebrochene Faserenden, wie sie bei Beschaltungs- und Spleissarbeiten anfallen, können gefährlich sein. Ihre Ränder sind extrem scharf und dringen schnell in die Haut ein. Sie brechen leicht ab und man kann sie fast nicht sehen. Ausserdem sind sie schwer zu entfernen. In den meisten Fällen sind dazu eine Pinzette und ein Vergrösserungsglas nötig. In die Haut eingedrungene Fasern sollten sehr schnell entfernt werden, da sie gefährliche Infektionen hervorrufen können. Darum gilt:

- Seien Sie immer vorsichtig im Umgang mit Glasfasern.
- Drücken Sie nicht mit dem Finger auf abgebrochene Faserenden.
- Lassen Sie keine Faserstücke auf den Boden fallen. Sie setzen sich in Teppichen oder an Schuhen fest und werden so an andere Orte, wie beispielsweise in Ihre Wohnung, weiter getragen.
- Entsorgen Sie alle Faserreste äusserst sorgfältig.
- Essen und trinken Sie nicht im Installationsbereich.

5.3.1.5 Sicherheit von Chemikalien

Bei Spleiss- und Beschaltungsarbeiten werden diverse chemische Reinigungsmittel und Klebstoffe verwendet. Die entsprechenden Sicherheitsvorschriften müssen immer befolgt werden. Bei Unklarheiten ist beim Hersteller das entsprechende Materialsicherheitsblatt (MSDS, Material Safety Data Sheet) anzufordern. Befolgen Sie beim Umgang mit Chemikalien die folgenden Richtlinien:

- Arbeiten Sie immer in gut belüfteten Umgebungen.
- Vermeiden Sie generell Hautkontakt mit Chemikalien.
- Verwenden Sie keine chemischen Mittel, die allergische Reaktionen hervorrufen könnten.
- Auch der als Reinigungsmittel verwendete Isopropylalkohol ist entflammbar und muss vorsichtig behandelt werden.

5.3.1.6 Sofortbehandlungen bei Kontakten mit Hexan oder Isopropanol beim Reinigen von Fasern

Art des Kontakts	Hexan		Isopropanol	
	Art des Kontakts	**Sofortbehandlung**	**Art des Kontakts**	**Sofortbehandlung**
Einatmen	Reizung der Atemwege, Husten	Atmung aufrecht erhalten, Bettruhe	Reizung der oberen Atemwege	Betroffenen an die frische Luft bringen; künstlich beatmen, bis die Atmung wieder regelmässig ist
Verschlucken	Übelkeit, Erbrechen, Kopfschmerzen	kein Erbrechen einleiten, sofort ärztliche Hilfe anfordern	Trunkenheit und Erbrechen	dem Betroffenen Milch und Wasser zu trinken geben, ärztliche Hilfe anfordern
Hautkontakt	Reizung	betroffene Hautstelle abwischen und mit Wasser und Seife waschen	nicht schädlich für die Haut	betroffene Hautstelle abwischen und mit Wasser und Seife waschen
Augenkontakt	Reizung	Augen 15 Min. lang mit reichlich Wasser auswaschen	Reizung	Augen 15 Min. lang mit reichlich Wasser auswaschen

Tabelle 32: Sofortbehandlungen bei Kontakt mit Isopropanol

5.3.1.7 Brandschutz

Fusionsspleisse benötigen für die Spleissung einen elektrischen Funken. Stellen Sie deshalb sicher, dass sich keine entflammbaren Gase in der Nähe der Spleissarbeiten befinden.

Es darf nie in Kabelschächten oder an ähnlichen Stellen gespleisst werden, da sich dort Gase ansammeln können.

Eine gute Option ist der Splicing Trailer, also Spleissanhänger. Er stellt einen mobilen Arbeitsort für alle Spleissarbeiten dar. Die Arbeitsumgebung im Anhänger ist temperaturgeregelt. Zur Gewährleistung einwandfreier Spleissungen muss der Spleissanhänger immer absolut sauber gehalten werden.

Das Rauchen sollte in der Nähe von faseroptischen Installationsarbeiten nicht gestattet sein. Zigarettenasche verstärkt das Staubproblem bei Glasfasern. Ausserdem kann Explosionsgefahr aufgrund brennbarer Stoffe in der Nähe bestehen.

5.3.1.8 Sicherheit bei Installationsarbeiten in Kabelschächten

Sicherheit in Schächten/Unterflursystemen:

In Schächten können explosive Gase und Dämpfe vorkommen, zum Beispiel aufgrund eines Lecks in einer nahen Gas- oder Flüssigkeitsrohrleitung. Prüfen Sie deshalb mit einem anerkannten Prüfgerät, ob sich entflammbare und/oder giftige Gase in der Atmosphäre befinden, ehe Sie in den Schacht steigen.

Vermeiden Sie in Schächten die Verwendung jeglicher Geräte, die Funken oder Flammen erzeugen.

5.3.1.9 Arbeitssicherheit

Um das Unfallrisiko im Arbeitsbereich möglichst gering zu halten, müssen unbedingt alle Vorschriften hinsichtlich des Aufstellens von Abgrenzungen, Schutzgittern vor Schächten und Warnschildern befolgt werden.

Bevor ein Kabel direkt aus der Achterform gezogen wird, muss sichergestellt werden, dass sich innerhalb der Schlaufen weder Personen noch Ausrüstungsgegenstände befinden. Andernfalls kann es bei Verwicklungen zu Kabel- oder auch Personenschäden kommen.

Alle für die Kabelinstallationen notwendigen Werkzeuge und Geräte müssen sich in einwandfreiem Zustand befinden. Korrosion an Geräten kann Kabel beschädigen und auch Personen können sich verletzen. Ausserdem müssen elektrische Risiken ausgeschlossen werden, falls in den Schächten oder Unterflursystemen, in denen gearbeitet wird, elektrische Leitungen verlaufen.

5.3.2 VERLEGEN DER KABEL

Alle LWL Kabel können bei Handhabung und Verlegung leicht beschädigt werden. Hier einige wichtige Aspekte, die beim Verlegen dieser Kabel besonders beachtet werden sollten.

5.3.2.1 **Maximale Zugkräfte für LWL Kabel**

Beachten Sie das Datenblatt des Herstellers.

Bei der Verlegung von faseroptischen Kabeln sollten mechanische oder andere, gleichwertige Schutzvorkehrungen getroffen werden, damit die vom Hersteller vorgegebene maximale Zugbelastung nicht überschritten wird. Um das Eindringen von Wasser und anderen Verschmutzungen während der Installation zu verhindern, muss das faseroptische Kabel immer abgedichtet bleiben.

Eine Überschreitung der zulässigen Zugkräfte kann das Kabel so stark belasten, dass die Dämpfung irreversibel erhöht wird.

Innen- und Aussenkabel sind nur in den dafür vorgesehenen Bereichen zu verwenden.

Das Nichteinhalten der Einzugskräfte, insbesondere in Verbindung mit zu engen Biegeradien (Hauptfolge zu hoher Einzugskräfte), kann die Kabeleigenschaften verschlechtern.

Wenn die Biegeradien von Glasfasern bei der Installation in Kabelkanälen und Anschlusskästen zu eng werden, können Mikrorisse entstehen. Das führt zu erhöhter Dämpfung und zu einer drastischen Senkung der Lebensdauer des Kabels. Beim Verlegen des Installationskabels muss der Biegeradius ständig kontrolliert werden.

Unsachgemässes Verlegen, z.B. über Kanten von Mauerdurchbrüchen und in schmale Kabeltrassen sowie das Verdrehen der Kabel während des Einzugs sind zu verhindern. An für das Einziehen kritischen Stellen sollte also mit äusserster Sorgfalt gearbeitet werden. Wir empfehlen, die UGV nach der Installation stichprobenweise auf die spezifizierten Biegeradien hin zu überprüfen.

Bei deutlichem Unterschreiten der vorgeschriebenen Radien oder wenn das Installationskabel unter Zug steht oder durch Dritte beschädigt worden ist, sollte eine Abnahme abgelehnt und ein Ersetzen der betroffenen Kabel durch neue verlangt werden. Für unsachgemässe Installationsarbeiten, z.B. Knicke, Biegeradien, Zug auf Kabel, Verdrehungen, die zu Kabelschäden führen, ist der Installateur verantwortlich.

Kabel, die während der Verlegens Wasser ausgesetzt waren, müssen ersetzt werden. LWL-Kabel sollten nach der Installation um 1,5 m zurückgeschnitten werden. Dadurch wird der Bereich entfernt, der den grössten Zugbelastungen ausgesetzt war. Sehen Sie mindestens 6 m Kabelreserve für Anschlüsse und/oder Spleissungen vor.

5.3.2.2 **Kabel-Biegeradius**

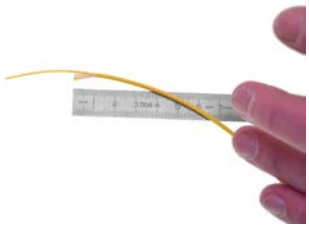
Faseroptische Kabel sind auf bestimmte Biegeradien und Zugfestigkeiten hin ausgelegt. Der betreffende Biegeradius darf in keinem Fall und an keiner Stelle unterschritten werden. Jede Unterschreitung kann zu Biegedämpfungen und/oder Brüchen im Kabel führen. In der Regel ist der minimale Biegeradius 20-mal der Durchmesser des Kabels.

5.3.3 BEARBEITEN DER KABEL

Biegen Sie das Kabel oder die Ader beim Abisolieren des Aussenmantels oder der Bündelader nach dem Einschneiden des Aussenmantels nicht stärker als bis zum minimalen Biegeradius.

Entfernen Sie die Aussenisolierung der Installationskabel mit einem passenden Abisolierwerkzeug.

Bild 39: Abisolierlänge des LWL-Kabels messen



Kürzen Sie das verstärkende Element (oftmals Aramid), auf die für die Zugentlastung passende Länge.

Bild 40: Aussenmantel abziehen

Kennzeichnen Sie den Fasermantel an der richtigen Stelle gemäss Installationsanleitungen.

Bild 41: Bündelader- oder Vollader-Abisolierlänge messen

Ziehen Sie den Fasermantel ab und reinigen Sie die Glasfaser mit Isopropylalkohol.

Bild 42: freigelegte Glasfaser mit Isopropylalkohol reinigen

5.3.4 ANSCHLIESSEN VON LWL KABELN

5.3.4.1 Verbindungstechniken

LWL-Kabel können auf unterschiedliche Arten angeschlossen werden. Einige Beispiele:

- Feldkonfektionierung
- Breakout Kabel (vorkonfektioniert)
- Fusionsspleiss
- mechanischer Spleiss

5.3.4.2 Kennzeichnung und farbliche Codierung von LWL Adapter und Steckverbinder

Eine korrekte Codierung, z.B. mittels Farben, von Steckverbindern und Adaptern ist wichtig. Dadurch wird das versehentliche Zusammenschliessen verschiedener Fasern verhindert. Bei Duplex-Verbindungen sollten für eine korrekte Polarität zusätzliche Codierungen eingesetzt werden.
Zur Unterscheidung zwischen Singlemode- und Multimode-Adaptern und -Steckverbindern werden folgende Farben verwendet:

- Multimode 50 µm und 62,5 µm Beige oder Schwarz
- Singlemode PC Blau
- Singlemode APC Grün

5.3.4.3 LWL-Feldkonfektionierung [http://youtu.be/Co4ueQTVdFA]

Die LWL-Feldkonfektionierung ist ein wahres Kinderspiel.

1. Kabel vorbereiten und brechen

Bild 43: Faser auf Länge brechen

2. Kabel und Stecker verbinden

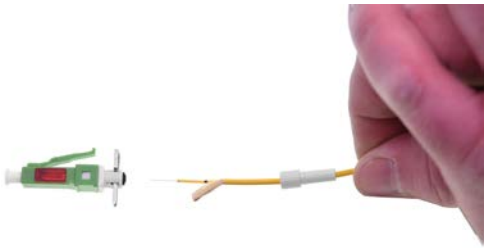


Bild 44: Faser in den LWL-Stecker schieben, bis sie einrastet

3. Für Zugfestigkeit sorgen

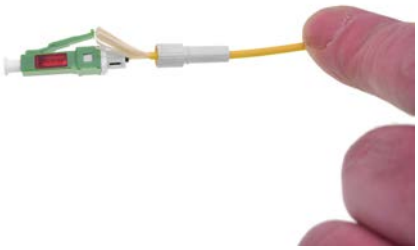


Bild 45: Zugentlastung am LWL-Stecker anbringen

5.3.4.4 Reinigen von Glasfasern

ACHTUNG

Zuerst REINIGEN (sofern erforderlich), dann anschliessen.

Die Leistungsfähigkeit eines Lichtwellenleitersystems hängt stark von der Sauberkeit der Verbindungsstellen ab. Kleine Schmutzpartikel, Staub usw. können einen LWL Verbinder unter Umständen zerstören. Daher ist folgende Vorgehensweise dringend zu empfehlen: Überprüfen Sie die Oberfläche mit einem geeignetem Hilfsmittel (Mikroskop). Reinigen Sie sie gemäss den Herstellervorgaben. Überprüfen Sie die Oberfläche dann nochmals und stellen Sie die Verbindung nur her, wenn sie sauber ist.

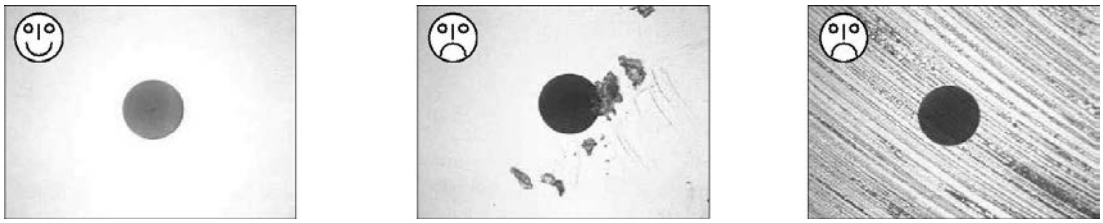


Bild 46: Beispiele für eine gut und zwei schlecht gereinigte LWL-Verbindungsstellen (Staub/Schmutz, Fett/Öl/Fingerabdrücke)

Dabei ist folgendes Reinigungsmaterial zu verwenden:

- fusselfreie Tücher
- fusselfreie Stäbchen
- Isopropylalkohol
- trockenes Reinigungsband

5.3.5 BEIBEHALTUNG DER POLARITÄT

5.3.5.1 LWL-Duplex-Schnittstellen

5.3.5.1.1 LC Duplex

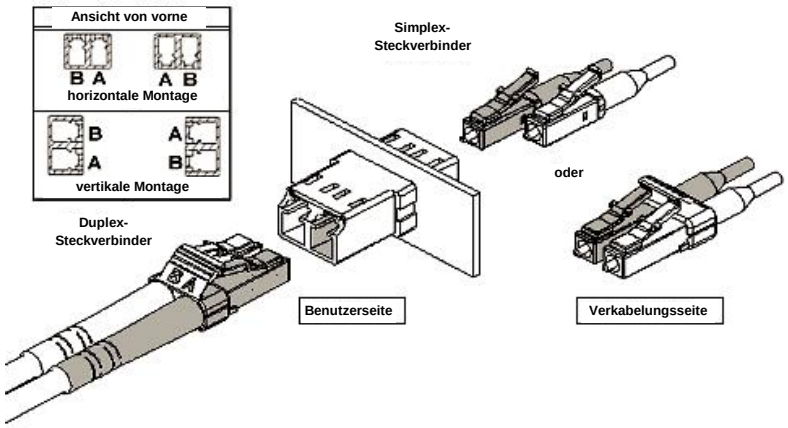


Bild 47: Polarisierung bei LC-Duplex-Steckern

5.3.5.1.2 SC Duplex

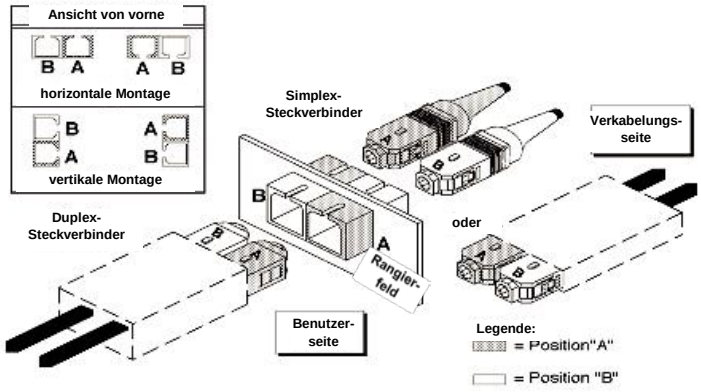


Bild 48: Polarisierung bei SC-Duplex-Steckern

5.3.5.1.3 Optisches Rangierkabel

Bild 49: Polarisierung bei optischen Rangierkabeln

5.3.5.2 MPO/MTP™

Immer symmetrisches Anschlussschema:

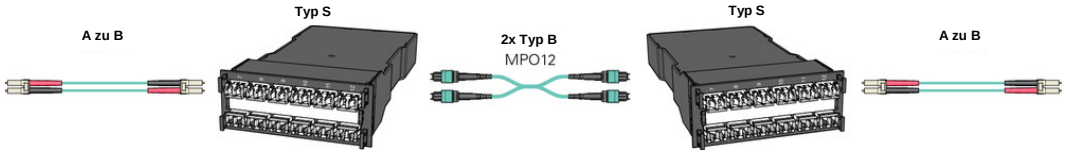


Bild 50: Polarisierung 10Gb MPO/MTP™ zu LC

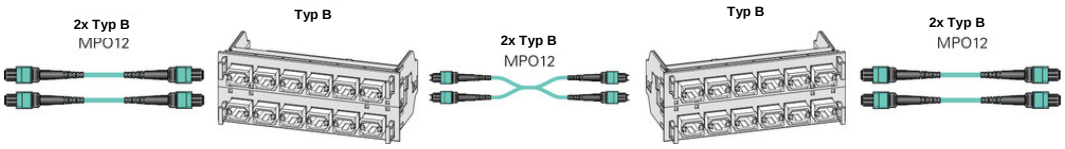


Bild 51: Polarisierung des künftigen 40Gb/100Gb MPO/MTP™

Das einzigartige „Typ S"-Modul von R&M ermöglicht ein wirklich symmetrisches Anschlussschema und damit einen einfachen zukünftigen Wechsel von einem Duplex-Modell zu MPO.
Anders als bei den meisten anderen Systemen müssen an den beiden Enden der Verkabelungsstrecke keine unterschiedlichen Module oder Rangierkabel eingesetzt werden.
Für alle Verbindungen werden mit Steckern versehene MTP®-Stammkabel („male") verwendet.

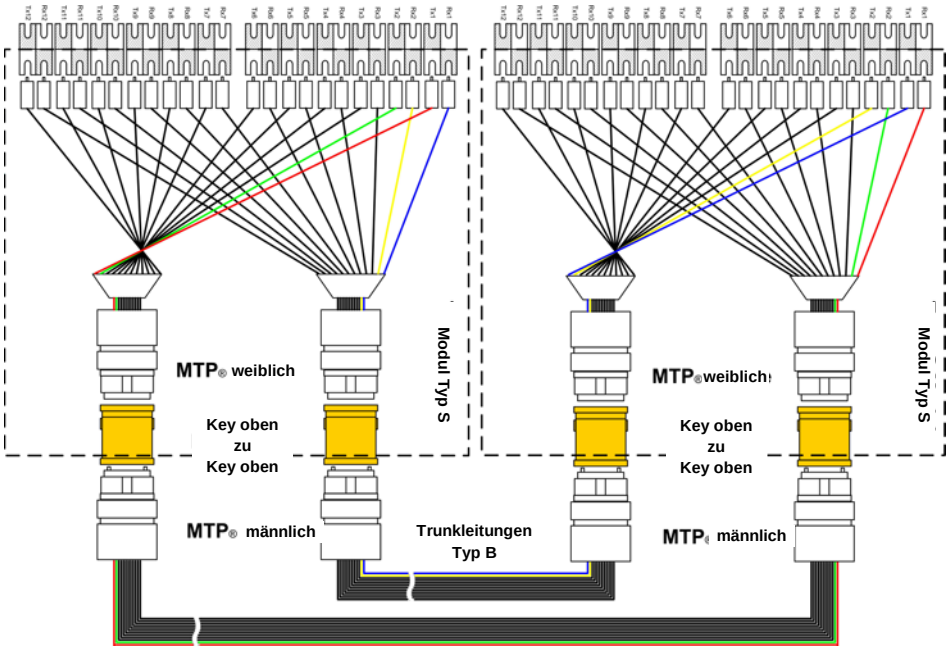


Bild 52: Polarisierung bei MPO/MTP™

5.3.6 KABELMANAGEMENT

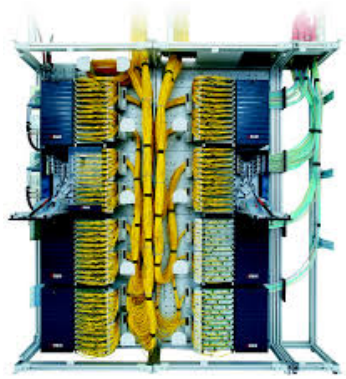


Bild 53: Kabelmanagement am LWL-Rack

Beim Verlegen von LWL-Kabeln ist insbesondere dort, wo sie in Schränke geführt werden, erhöhte Sorgfalt erforderlich. Ausserdem muss darauf geachtet werden, dass an allen Rangierfeldern und an den Schrank-Einführungen ausreichende Zugentlastungen (mit Klettverschluss) vorhanden sind.

Kupfer- und LWL-Kabel sollten möglichst getrennt geführt werden. Wir empfehlen, LWL Kabel erst dann zu verlegen und anzuschliessen, wenn die Kupferverkabelung abgeschlossen ist.

Wo dies möglich ist (hauptsächlich DC), sind speziell für LWL-Kabel entwickelte Kabelkanäle zu verwenden.

5.3.7 RANGIERKABEL

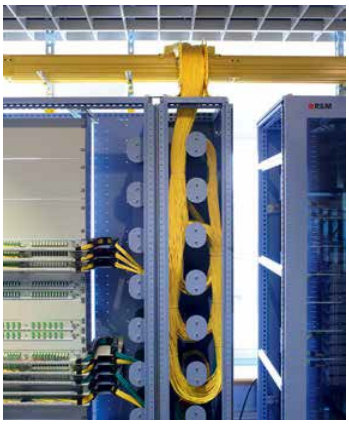


Bild 54: LWL-Rangierkabel-Management

Da Rangierkabel inzwischen eine wichtige Rolle beim Erreichen der gewünschten Channel-Performance spielen, sollten nur biegungsunempfindliche Rangierkabel verwendet werden.

Rangierkabel sollten nach jeweils 1000 Steckvorgängen ausgetauscht werden.

Bei MACs (Moves, Adds, Changes - d.h. Konfigurationsänderungen) mit Rangierkabeln ist peinlich genau darauf zu achten, dass weder die von der Konfigurationsänderung betroffenen Rangierkabel noch benachbarte Rangierkabel zu hohen Belastungen ausgesetzt werden. Auf ein Rangierkabel dürfen maximal 400 N Zugkraft ausgeübt werden.

Mit R&M-Systemen sollten in jedem Fall Rangierkabel von R&M verwendet werden.

6 NACH DER INSTALLATION

6.1 ALLGEMEINES

6.1.1 MESSGENAUIGKEIT

Wann ist ein „Pass“ ein „Pass“ und ein „Fail“ ein „Fail“?

Bei der Prüfung von Verkabelungsstrecken im Feld treten immer wieder Fragen bezüglich der Anzeigen auf den Messgeräten und deren Auswertung auf. Der Kunde, meist Installateur, will natürlich nur ein „Pass“ sehen; einem Stern oder einer Warnmeldung steht er misstrauisch gegenüber. Wie sehen also die Fakten aus?

In den Normen EN 50173 und ISO/IEC 11801 sind nur die erwarteten Werte für die Verkabelung enthalten. Es wird nicht oder nur ansatzweise beschrieben, wie getestet werden soll. Zu diesem Zweck gibt es die IEC 61935-1: „Spezifikation für die Prüfung der symmetrischen und koaxialen informationstechnischen Verkabelung - Teil 1: Installierte symmetrische Verkabelung nach der Normenreihe EN 50173“. In dieser Norm wird unter anderem die Messgenauigkeit des Prüfgerätes und das Erfassen der Daten beschrieben.

Jedes Messgerät hat eine bestimmte Messgenauigkeit, d.h. der angezeigte Messwert kann um +/- einen bestimmten Betrag falsch sein. Dies ist hier schematisch dargestellt:

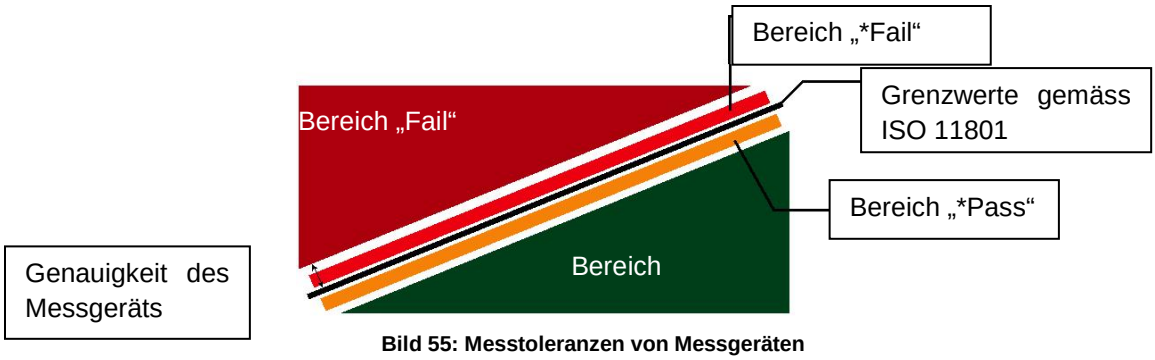


Bild 55: Messtoleranzen von Messgeräten

Das Messergebnis eines Parameters wird mit einem Stern (*) gekennzeichnet, wenn der Abstand des Messergebnisses zum Grenzwert kleiner ist als die Messgenauigkeit. Beachten Sie dazu die Abbildung.
Das Endergebnis „Pass“ oder „Fail“ wird durch die erforderlichen einzelnen Testresultate bestimmt. Jedes „Fail“ oder „Fail*“ führt zu einem „Fail“ des Endergebnisses, sofern in der Qualitätsvereinbarung nichts anderes festgelegt wurde. Um ein „Pass“ als Endergebnis zu erhalten, müssen alle einzelnen Tests „Pass“ oder „Pass*“ sein.

„*Fail“ oder „Fail“ ist als Endergebnis „Fail“

„*Pass“ oder „Pass“ ist als Endergebnis „Pass“

Es ist dringend zu empfehlen, soweit nach der jeweiligen Norm zulässig, das Permanent Link (PL) zu messen, da dieser Test strenger ist und es ermöglicht, Rangierkabel im System flexibel auszutauschen ohne eine erneute Messung vornehmen zu müssen.

Bei der Messung von Channels legen die Normen fest, dass die bei der Messung eingesetzten Rangierkabel unverändert im System verbleiben müssen. Bei Channel-Messungen kann der Prüfer also nicht mit einem einzigen Satz Rangierkabel arbeiten, das er für alle Messungen verwendet.

Vielmehr müssen in diesem Fall sämtliche Rangierkabel an beiden Enden des gesamten Systems angeschlossen und für die Messungen verwendet werden. Wird ein Rangierkabel ausgetauscht, muss die Verkabelungsstrecke neu gemessen werden.

R&M gestattet innerhalb seines Garantiesystems ausschliesslich R&M*freenet*-Produkte. Bei Channel-Messungen dürfen daher nur Rangierkabel von R&M verwendet werden.

6.2 KUPFER

6.2.1 ANERKANNTE ZERTIFIZIERUNGSMESSGERÄTE FÜR DIE KLASSEN D/E/E_A

Für garantierelevante Anwendungen ist eine gültige zertifizierte Kalibrierung der betreffenden Messgeräte erforderlich (muss in der Regel einmal jährlich erneuert werden). Die Messgeräte FLUKE DTX 1800 und DSX5000 geben das Datum der letzten Kalibrierung auf den Messprotokollen an.

Die hier aufgeführten Messgeräte sind für Zertifizierungsmessungen und das Erstellen einer Original-Messdatei zugelassen. Diese Datei wird für einen Garantieantrag benötigt (siehe „Anhang 1 zum Garantieprogramm“, Kapitel 4.2).

Klasse D	Kat. 5e	MHz 1 - 100	Klasse E	Kat. 6	MHz 1 - 250	Klasse E_A	Kat. 6A	MHz 1 - 500	
Fluke DSX-5000 Versiv™			Fluke DSX-5000 Versiv™			Fluke DSX-5000 Versiv™			
Fluke DTX 1800 CableAnalyzer			Fluke DTX 1800 CableAnalyzer			Fluke DTX 1800 CableAnalyzer			
LanTEK II			LanTEK II			LanTEK II			
JDSU Certifier 40G			JDSU Certifier 40G			JDSU Certifier 40G			
Psiber WireXpert WX4500			Psiber WireXpert WX4500			Psiber WireXpert WX4500			
Wire Scope 350			Wire Scope 350			Achtung: Support bis Nov.2014			

Tabelle 33: Messgeräte für Pass- und Fail-Messungen

Hinweise:

- Klasse E_A und Kat. 6A enthalten unterschiedliche Leistungsanforderungen.
- Dies ist der Stand zum Zeitpunkt der Drucklegung des vorliegenden Dokuments. Die R&M-Website enthält jeweils aktualisierte Angaben: www.rdm.com.
- Für die Garantieanträge muss ein Referenzmessgerät verwendet werden.
- Alle vorkonfektionierten Kabel müssen nach der Installation getestet werden. Dies gilt insbesondere in Zusammenhang mit Garantieanträgen.

6.2.2 EINSTELLUNGEN DER MESSGERÄTE

6.2.2.1 GEEIGNETE TESTGRENZWERTE FÜR DIE KLASSEN D/E/E_A

Fluke-Serie DTX

Permanent Link: Grundsätzlich kann für die Messung einer Installation eine der drei folgenden Normen herangezogen werden.

Permanent Link Klasse D / Kat. 5e	Permanent Link Klasse E / Kat. 6	Permanent Link Klasse E_A / Kat. 6A
ISO 11801 Permanent Link Klasse D EN 50173 Permanent Link Klasse D TIA Kat. 5e Permanent Link	ISO 11801 PL Klasse E EN 50173 PL Klasse E TIA Kat. 6 Permanent Link	ISO 11801 PL 2 Klasse E_A ISO 11801 PL 3 Klasse E_A EN 50173 PL 2 Klasse E_A EN 50173 PL 3 Klasse E_A TIA Kat. 6A Permanent Link
Channel Klasse D / Kat. 5e	**Channel Klasse E / Kat. 6**	**Channel Klasse E_A / Kat. 6A**
ISO 11801 Channel Klasse D EN 50173 Channel Klasse D TIA Kat. 5e Channel	ISO 11801 Channel Klasse E EN 50173 Channel Klasse E TIA Kat. 6 Channel	ISO 11801 Channel Klasse E_A EN 50173 Channel Klasse E_A TIA Kat. 6A Channel

Tabelle 34: Normen für Messgeräte

Modul	Kabel	Ch Klasse E	PL Klasse E	Ch Kat. 6A (TIA)	PL Kat. 6A (TIA)	Ch Klasse E_A (ISO)	PL Klasse E_A (ISO)
 Kat. 6		**OK**	**OK**	**-**	**-**	**-**	**-**
 Kat. 6 REAL10 *		**OK**	**OK**	**OK**	**OK**	**OK**	**-**
 Kat. 6_A	**mindestens für 500 MHz zugelassene Kabel**	**OK**	**OK**	**OK**	**OK**	**OK**	**OK**

Tabelle 35: Adapter für Messgeräte

*** 10GBase-T:**

Wir garantieren Konformität mit 10GBase-T Anwendungen, wenn eine vorhandene Kat.6_A Verkabelung mit Steckern nach Kat.6 REAL10 kombiniert und die Verkabelungsstrecke als ISO/IEC Channel Klasse E_A gemessen wird (d.h. Verwendung von R&M-Rangierkabeln).

10GBase-T für existierende Klasse E Verkabelungen bis zu 55 m, kein Hinweis für PSANEXT Konformität

6.2.3 BESCHREIBUNG DER PRÜFSTRECKEN

Im Garantieprogramm sind für Kupferverkabelung die beiden folgenden Prüfanordnungen vorgesehen. Um den Garantiebedingungen für Kupferverkabelungen zu entsprechen, müssen alle künftig im

System verwendeten Rangierfelder von R&M stammen.

6.2.3.1 Permanent Link

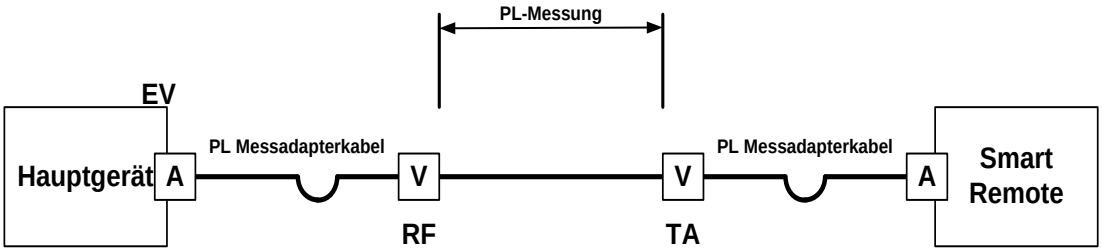


Bild 56: beispielhafte Prüfstrecke für PL

6.2.3.2 Channel

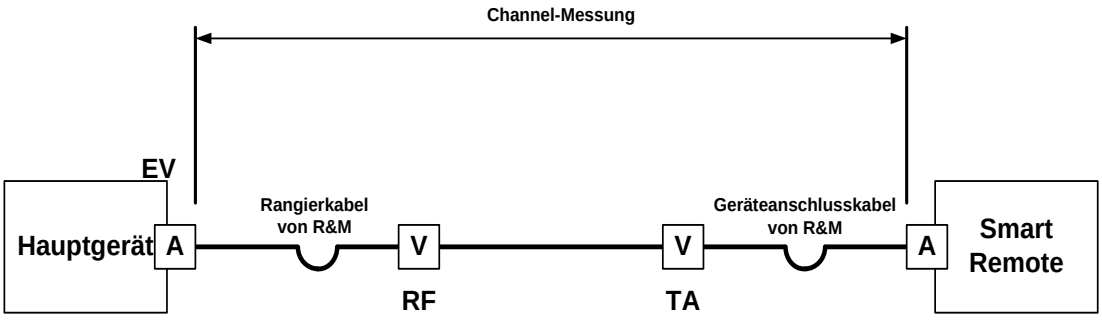


Bild 57: beispielhafte Prüfstrecke für Ch

6.2.3.3 Prüfen der Verkabelung mit Sammelpunkt

Häufig werden SP-Modelle in zwei Schritten verkabelt (1. Rangierfeld zu SP, 2. SP zu Arbeitsplatzdose). Diese beiden Schritte können durchaus von zwei unterschiedlichen Installateuren durchgeführt werden.

Darum ist es bei SP-Installationen empfehlenswert, das fest installierte Kabel zwischen Rangierfeld und SP separat zu messen.

Als Besonderheit dieser Messung muss beachtet werden, dass der Grenzwert der Einfügedämpfung IL entsprechend der installierten Länge reduziert werden muss (IL = IL 90 x L/90).

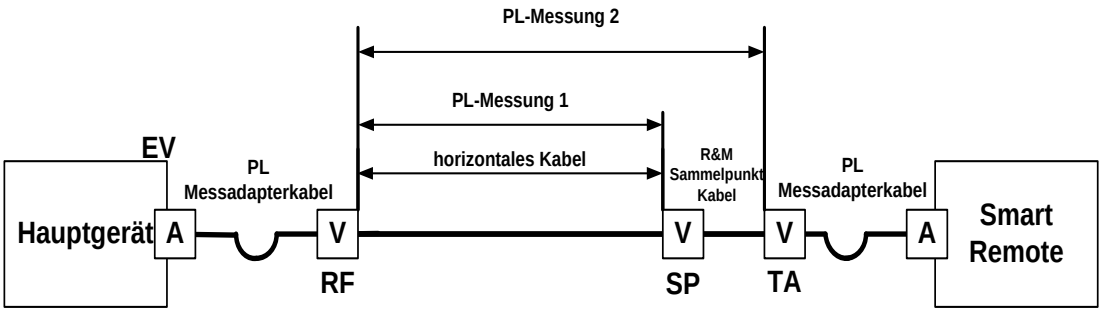


Bild 58: beispielhafte Prüfstrecke für PL mit SP

Im zweiten Schritt wird dann die Übertragungsstrecke mit integriertem SP-Link gemessen. Am Messgerät muss für beide Messungen die Permanent-Link-Einstellung gewählt werden.

6.2.4 MESSANLEITUNG

Bevor an einem gegebenen Tag mit den Messungen begonnen wird, muss das entfernte Messgerät durch eine Referenzmessung mit dem Hauptmessgerät abgestimmt werden.

6.2.4.1 **Permanent Link**

Einstellungen des Messgeräts:

- normgerechte Messung:
- PL, 2 Stecker: ISO Klasse E_A PL2
- PL, 3 Stecker: ISO Klasse E_A PL 3
- Kabeltyp: UTP, S/STP* (mit Schirmungsmessung)
- NVP: Nennausbreitungsgeschwindigkeit, entweder auf dem Kabel oder im Datenblatt angegeben

Schliessen Sie das Messgerät an und beginnen Sie die Messung.

6.2.4.2 **Channel**

Der Channel muss mit zwei Rangierkabeln von R&M gemessen werden, die jeweils 2 m lang sind und dem Installationskabel entsprechen (ungeschirmt oder geschirmt).

Einstellungen des Messgeräts:

- normgerechte Messung:
- ISO Klasse E_A Channel
- Kabeltyp: UTP, S/STP* (mit Schirmungsmessung)
- NVP: Nennausbreitungsgeschwindigkeit, entweder auf dem Kabel oder im Datenblatt angegeben

* „S“ steht auch für „F“, möglich ist also U/FTP, F/UTP, F/FTP, S/FTP.

Schliessen Sie das Messgerät an und beginnen Sie die Messung. Denken Sie daran, dass die Rangierkabel nach Channel-Messungen im gemessenen Channel verbleiben müssen. Es ist also nicht möglich, einen weiteren Channel mit den gleichen Rangierkabeln zu messen.

6.3 Lichtwellenleiter-Verkabelung

6.3.1 ANERKANNTE ZERTIFIZIERUNGSMESSGERÄTE FÜR LWL

R&M akzeptiert alle für die Messung an LWL-Verkabelungen geeigneten Messgeräte, sowohl LSPM (Light Source Power Meter), als auch OTDR (Optical Time Domain Reflectometer). Es gibt keine Einschränkungen hinsichtlich Hersteller oder Modell.

Für die Ergebnismessung empfiehlt R&M jedoch ein LSPM, da dieses genauere Ergebnisse liefert und die Messung in der Regel schneller durchgeführt werden kann. Wir empfehlen Messgeräte, in denen sich die Messergebnisse speichern lassen. Die Ergebnisse können dann einfacher verwaltet und im Fall eines Garantieantrags elektronisch übermittelt werden.

6.3.2 DÄMPFUNG DES FASEROPTISCHEN CHANNELS

Die allgemeinen Anforderungen sowie die Channel Dämpfung gemäss den aktuellen Versionen von TIA/EIA 586-C, EN 50173 und ISO/IEC 14763-3 (ersetzt ISO/IEC 11801) finden Sie in Kapitel 4.3.1.

Optischer Channel 1

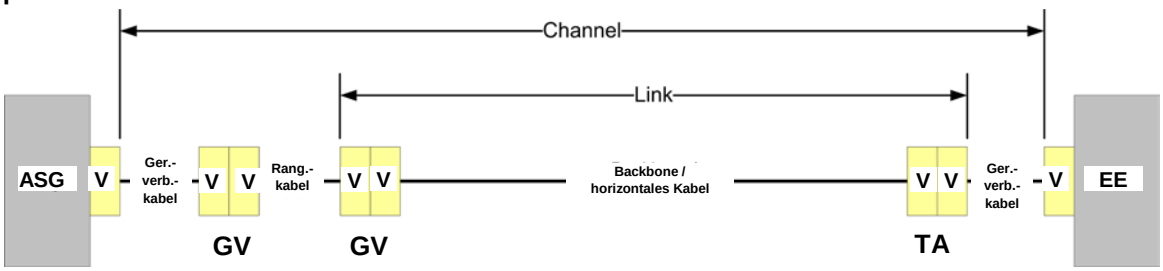


Bild 59: „direkt“ kombinierter Channel plus Schnittstellen für die Messung

Optischer Channel 2

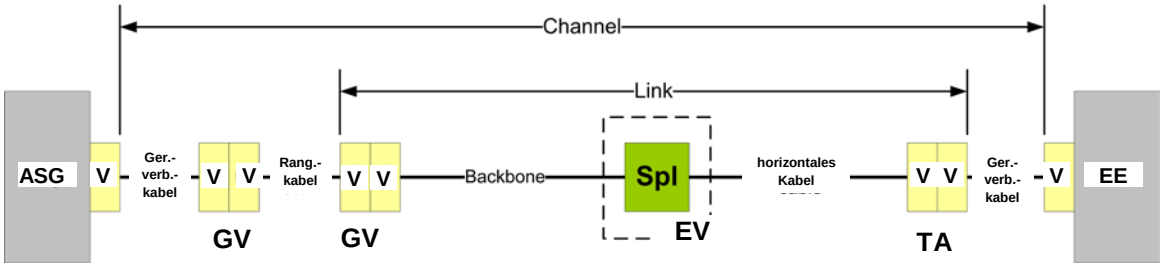


Bild 60: „direkt“ kombinierter Channel plus Schnittstellen für die Messung und Spleiss

Optischer Channel 3

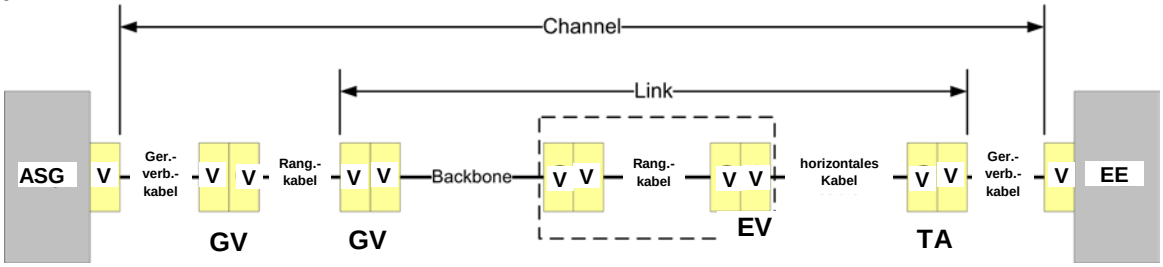


Bild 61: „rangierter“ kombinierter Channel

V	Verbindung
GV	Gebäudeverteiler
ASG	anwendungsspezifisches Gerät
EV	Etagenverteiler
RF	Rangierfeld
Spl	Spleiss
TA	Telekommunikations-Anschlussdose
EE	Endeinrichtung

6.3.3 OPTISCHES DÄMPFUNGSBUDGET

Wie berechne ich das optische Dämpfungsbudget für meinen Channel?

Die Dämpfung der Übertragungsstrecke (Verlust der optischen Leistung) muss für jede Kabelstrecke berechnet werden. Die Messungen bei Kupferkabel sind einfacher, da der Grenzwert unabhängig von der Länge immer gleich ist.

6.3.3.1 **Zugelassene Dämpfungswerte gemäss ISO 14763-3:**

- Referenzsteckverbinder gesteckt mit Steckverbinder: 0,3 dB (MMF)
- gesteckte Steckverbinder: 0,75 dB
- Spleiss: 0,3 dB
- Kabel bei 850 nm: 3,5 dB/km
- Kabel bei 1300 nm: 1,5 dB/km
- Kabel bei 1310 nm: 0,4 dB/km
- Kabel bei 1550 nm: 0,4 dB/km

Nimmt man einen Übertragungsweg von 50 m mit zwei Steckverbindern und einem Spleiss an und geht man von einer Messung bei 850 nm aus, berechnet sich das zugelassene Dämpfungsbudget folgendermassen:

• Stecker	0,75 dB
• Kabel bei 850 nm	0,175 dB (3,5 dB/km)
• Spleiss	0,3 dB
• Stecker	0,75 dB
optisches Dämpfungsbudget	1,975 dB

Für 1000Base-SX (1 Gbit/s) gilt ein Dämpfungsbudget von 3,25 dB. Hier wird von einer geringeren Dämpfung der Steckverbinder ausgegangen. Die Norm enthält typische Dämpfungswerte von 0,5 dB für Steckverbinder.

6.3.3.2 **Zusammenfassung**

Ohne die Berechnung des optischen Dämpfungsbudgets sollte keine Messung der optischen Leistung akzeptiert werden. Zur Erfüllung von ANSI/TIA/EIA 568-C, ISO/IEC 14763-3, ISO/IEC 11801 und EN 50173 müssen beide Wellenlängen in beide Richtungen gemessen und das zugelassene Dämpfungsbugdet muss aufgezeichnet werden.

6.3.4 CHANNEL-MESSUNG MIT LSPM (LEISTUNGSMESSGERÄT)

Ihr faseroptisches System muss gemäss den Anforderungen von ISO/IEC 14763-3 oder gleichwertigen Normen gemessen werden, damit eine R&M-Garantie gewährt wird. Diese Messung der Übertragungsleistung ist durchzuführen wie im Folgenden beschrieben:

6.3.4.1 Richtung

Für die Konformitätsprüfung eines Channel oder Link mit bekannten oder unbekannten Komponenten **muss** eine bidirektionale Messung durchgeführt werden.

6.3.4.2 Wellenlänge

Ausserdem **muss** bei folgenden Wellenlängen gemessen werden:

- Multimode: 850 nm (Und 1300 nm: Sofern nur bei 850 nm gemessen wird, deckt die Garantie nur Anwendungen bei 850 nm ab. Bei späterer Verwendung von Anwendungen bei 1300 nm muss dann mit dieser Wellenlänge neu gemessen werden.)
- Singlemode: 1310 nm **und** 1550 nm

6.3.4.3 Referenzkabel

Alle Steckverbinder an Referenzkabeln, die für LSPM- oder OTDR-Messungen verwendet werden, müssen **„Referenzqualität“** entsprechen. Dies bedeutet, dass alle Kabel, die als Vorlauffasern, Nachlauffasern und Referenzkabel verwendet werden, mit Steckern in Referenzqualität ausgestattet sein müssen. Ausserdem müssen die in diesen Kabeln enthaltenen Glasfasern die gleichen Eigenschaften (Kern-/Manteldurchmesser, Rückstreukoeffizient) besitzen, wie die zu messenden Fasern.

- Für Vorlauffaser und Nachlauffaser (mit Referenzsteckverbindern an beiden Enden) gilt:
    - LSPM: zwischen 1 m und 5 m Länge
    - OTDR: MMF 100 m bis 500 m, SMF 500 m bis 1000 m
      <<Vorlauffaser und Nachlauffaser mit unterschiedlicher Länge>>
- Für das Referenzkabel für die Referenzmessung (mit Referenzsteckverbindern an beiden Enden) gilt:
    - maximale Länge 2 m

6.3.4.4 Encircled-Flux-Methode

Bei LSPM-Messungen an Multimodefasern (50/125) bei 850 nm empfiehlt es sich, mit der Encircled-Flux-Methode zu messen. Diese Messmethode arbeitet mit Ausleuchtungen, die der „tatsächlichen modalen Umgebung“ eines VCSEL-Transceivers sehr nahe kommen. Das VCSEL-Signal wird von zukünftigen Anwendungen mit 10G, 40G und 100G über MMF verwendet.

6.3.4.5 Mandrel Wraps (Modenfilter)

Um mit Modenfiltern (so genannten Mandrel Wraps) messen zu können, benötigen Sie **Referenz-Rangierkabel ohne biegeoptimierte/biegungsunempfindliche Fasern**.

Mandrel Wraps sind nach wie vor für Messungen an Multimode-Glasfasern zugelassen. Sie ermöglichen die Eliminierung der Moden höherer Ordnung (Leckmoden), die von der LED Lichtquelle kommen, und messen nur die Moden niedriger Ordnung, die in der Mitte der Faser verlaufen.

Die Messung ist wiederholbar. In der folgenden Tabelle finden Sie den richtigen Mandrel Wrap für die betreffende Multimode-Glasfaser.

Faserkern-grösse	Modenfilter-Durchmesser	
	Vollader (mm)	*3 mm ummantel-te Faser (mm)*
50/125 µm	25	22
62,5/125 µm	20	17

Tabelle 36: Modenfilter-Durchmesser

6.3.5 LSPM-REFERENZMESSUNGEN UND MESSUNGEN VON LWL-ÜBERTRAGUNGSSTRECKEN

6.3.5.1 Vorbereitung

- Reinigen Sie Stecker und Adapter.
- Stellen Sie Reinigungsmaterial bereit (LWL-Reinigungssatz).
- Überprüfen Sie die Steckeroberflächen visuell unter dem Mikroskop (mindestens 200-fache Vergrösserung).

ISO/IEC 14763-3 ersetzt ISO/IEC 11801 für LWL-Verkabelungen und wird entsprechend dieser Norm korrigiert.

6.3.5.2 Referenzmessung

Für die LSPM-Zertifizierung sind nur zwei Arten der Referenzmessung zulässig. R&M empfiehlt die „Ein-Messkabel-Methode“. Entspricht der installierte Steckverbinder in einem bestimmten Fall jedoch nicht dem Adapter des Messgeräts, muss mit der „Drei-Messkabel-Methode“ gemessen werden.

Die „Zwei-Messkabel-Methode“ ist nicht zulässig.

6.3.5.2.1 Ein-Messkabel-Methode

Bei diesem Verfahren müssen die Stecker des installierten Systems zu denen der Messgeräte passen, da ein Ende des Systems direkt an das Messgerät angeschlossen wird.

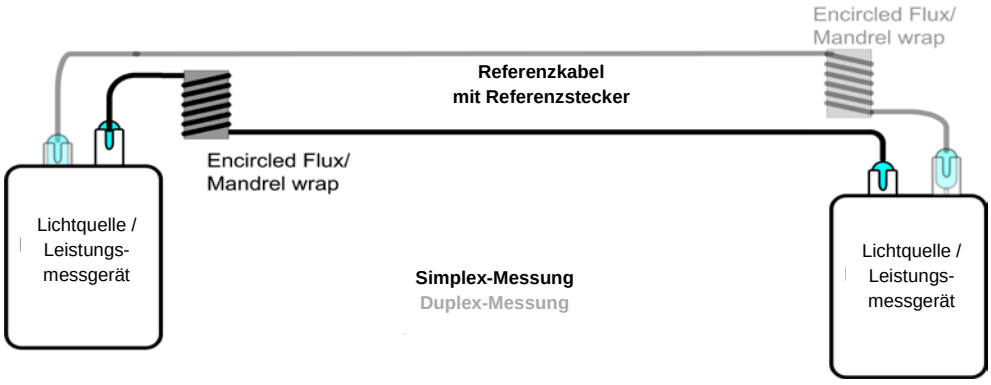


Bild 62: Referenzmessung mit „Ein-Messkabel-Methode“

6.3.5.2.2 Drei-Messkabel-Methode

Bei diesem Verfahren kann das installierte System über beliebige Steckverbinder verfügen.
Die Testreferenzkabel können als Adapterkabel fungieren, deren Stecker an der einen Seite zum installierten System und an der anderen Seite zum Messgerät passen.

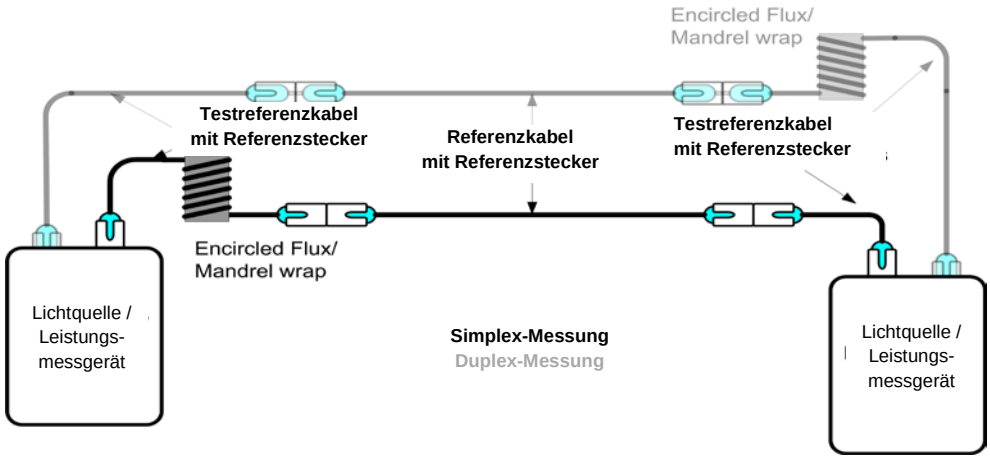


Bild 63: Referenzmessung mit „Drei-Messkabel-Methode“

6.3.5.3 **Verifizierung**

6.3.5.3.1 Ein-Messkabel-Methode

Nach der Referenzmessung mit LSPM und Referenzkabel muss geprüft werden, ob die Referenzstecker der Testreferenzkabel hochwertig genug sind. Richten Sie den folgenden Testaufbau ein und messen Sie die Übertragungsstrecke. Die Dämpfung muss **kleiner als 0,1 dB** sein. Tragen Sie den gemessenen Wert in die Prüfdokumente ein. Wiederholen Sie diesen Schritt nach jeder Referenzmessung oder wenn Sie feststellen, dass die Messergebnisse schlechter werden.

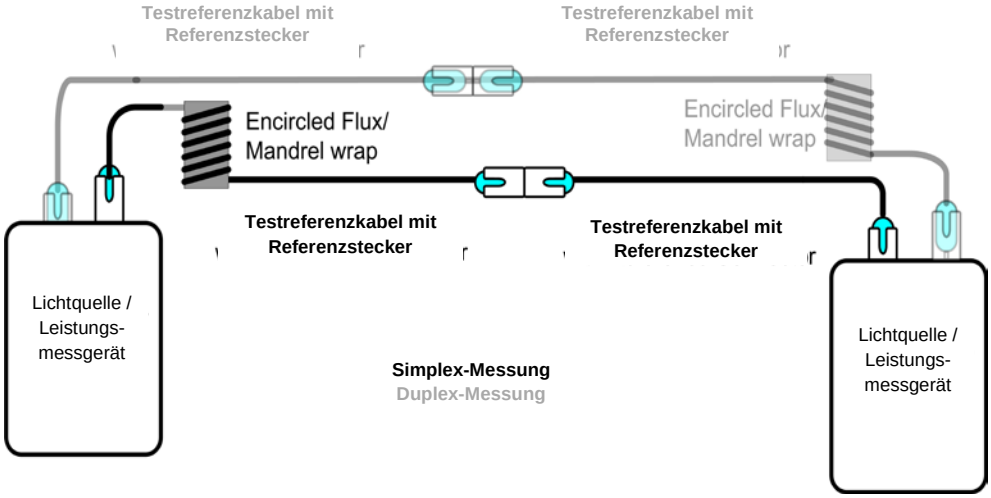


Bild 64: Verifizierung mit „Ein-Messkabel-Methode“

6.3.5.4 **Messung**

6.3.5.4.1 Ein-Messkabel-Methode

Nun können Sie die „zu prüfende Verkabelung“ messen, indem Sie die Testreferenzkabel an den jeweiligen Enden der Übertragungsstrecke anschliessen. Die Übertragungsstrecke muss in beide Richtungen gemessen werden. Entweder das Messgerät liefert die entsprechenden Anweisungen oder Sie müssen Lichtquelle und Leistungsmessgerät selbständig gegeneinander austauschen.

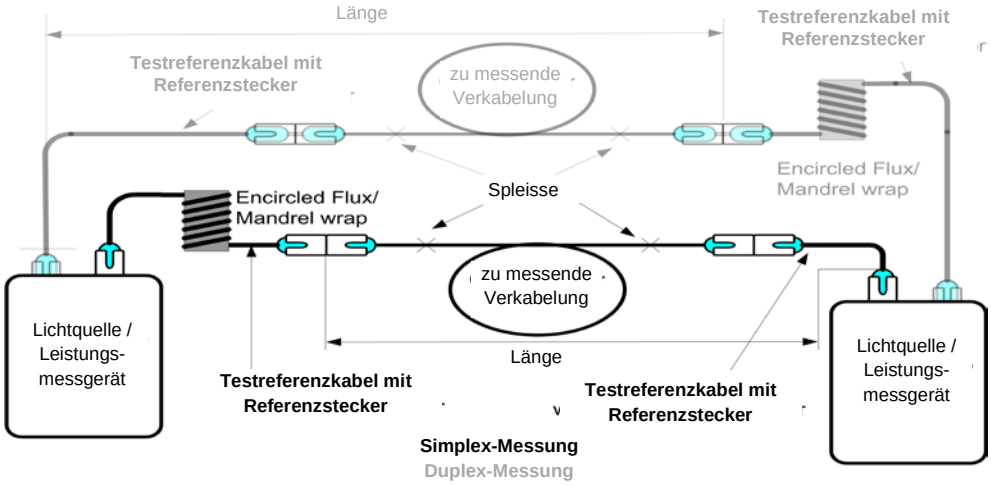


Bild 65: Messung mit „Ein-Messkabel-Methode“

6.3.5.4.2 Drei-Messkabel-Methode

Nun können Sie die „zu prüfende Verkabelung“ messen, indem Sie die Testreferenzkabel an den jeweiligen Enden der Übertragungsstrecke anschliessen. Die Übertragungsstrecke muss in beide Richtungen gemessen werden. Entweder das Messgerät liefert die entsprechenden Anweisungen oder Sie müssen Lichtquelle und Leistungsmessgerät selbständig gegeneinander austauschen.

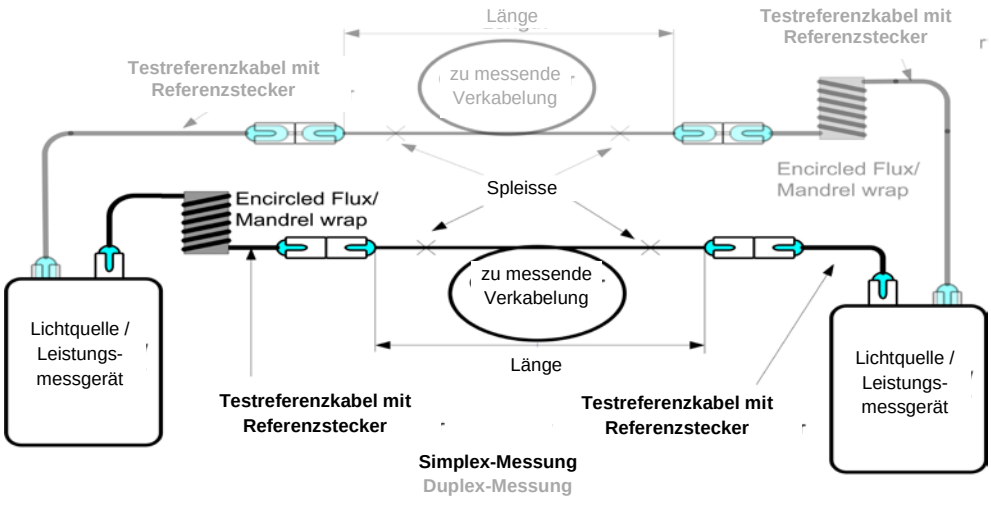


Bild 66: Messung mit „Drei-Messkabel-Methode“

6.3.5.5 Dokumentation

- Zeichnung der Übertragungsstrecke
- Länge aller Fasern
- Detailangaben zu den Fasern (OM1, OM2, OM3, OM4, OS1, OS2 und Kerngrösse)
- nominale Wellenlängen (für Multimodefaser 850 nm und 1300 nm und für Singlemodefaser 1310 nm und 1550 nm)
- Detailangaben zu den LWL Steckverbindern (PC oder APC)
- Messrichtung
- Name des Prüfers
- Verifizierungswert der Referenzkabel nach jeder Referenzmessung
- berechnete Einfügedämpfung der Übertragungsstrecke in dB
- optische Rückflussdämpfung der Übertragungsstrecke in dB
- gemessene Einfügedämpfung in dB

Lichtquelle/Leistungsmessgerät			
Hersteller	Modell	Seriennummer	
Referenzmessung (< 24 dB)			
bei Wellenlänge	Eingang	Ausgang	
Name des Prüfers	Datum	Ort	
Kennung der Übertragungs-strecke	Leistung	Einfügedämpfung der Übertragungs-strecke	berechnete Dämpfung
Verifizierung der Referenz-kabel			< 0,1 dB

Tabelle 37: Dokumentierungsbeispiel für eine LSPM-Messung

6.3.6 LSPM-REFERENZMESSUNGEN UND MESSUNGEN VON MPO/MTP™-ÜBERTRAGUNGSSTRECKEN

Für MPO-Messungen benötigen Sie ein EF-kompatibles optisches MPO/MTP®-Messgerät. Alternativ können Sie auf beiden Seiten ein ebenfalls EF-kompatibles LSPM-Messgerät mit MPO-Fanout (mit Referenzstecker) verwenden.

Wir empfehlen folgende Vorgehensweise:

- Referenzmessung der Testreferenzkabel
- LSPM-Messung der „zu prüfenden Übertragungsstrecke“
- Aufzeichnen der Messergebnisse

6.3.6.1 **Vorbereitung**

- Reinigen Sie Stecker und Adapter.
- Stellen Sie Reinigungsmaterial bereit (LWL-Reinigungssatz).
- Überprüfen Sie die Steckerberflächen visuell unter dem Mikroskop (mindestens 200-fache Vergrösserung).

6.3.6.2 **Referenzmessung**

6.3.6.2.1 MPO/MTP™ - Messung

Wir verwenden für diese Art der Referenzmessung ein LSPM-Mehrfasermessgerät, um die zwölf Fasern des Referenzkabels zu referenzieren.

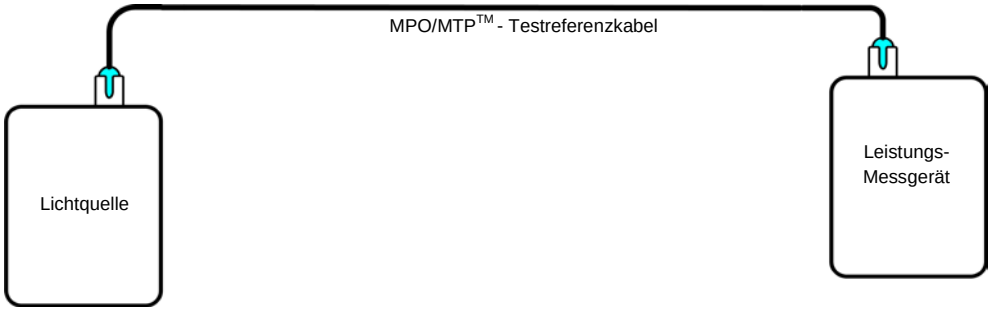


Bild 67: MPO/MTP™ - Referenzmessung

6.3.6.2.2 Fanout

Bei diesem Verfahren kann das installierte System über beliebige Steckverbinder verfügen.
Die Testreferenzkabel können als Adapterkabel fungieren, deren Stecker an der einen Seite zum installierten System und an der anderen Seite zum Messgerät passen.

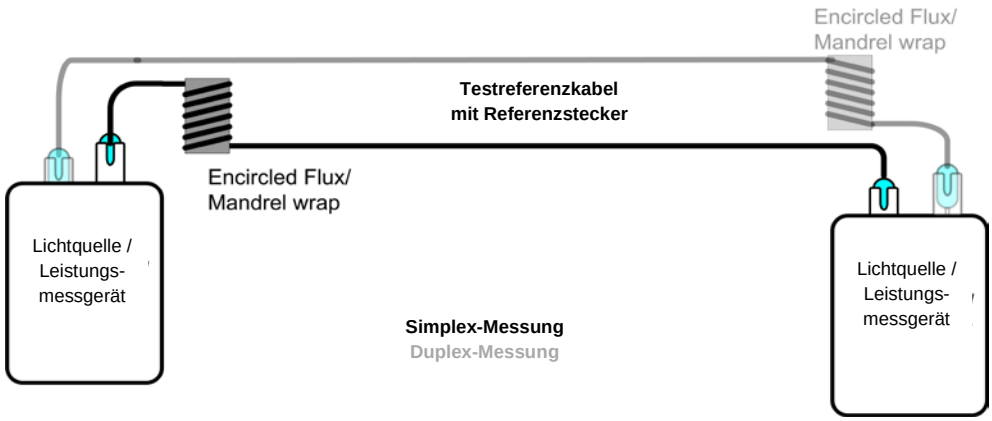


Bild 68: MPO/MTP™ - Fanout-Referenzmessung

6.3.6.3 **Verifizierung**

6.3.6.3.1 MPO/MTP™ - Messung

Hier messen wir die Qualität der MPO/MTP™ - Testreferenzkabel. Alle Fasern müssen einen Wert **< 0,60 dB** aufweisen. Aufgrund der Anordnung der Fasern im MPO/MTP™-Steckverbinder müssen wir die Qualität der Referenzverbindungen nach jeder Messung erneut zertifizieren.

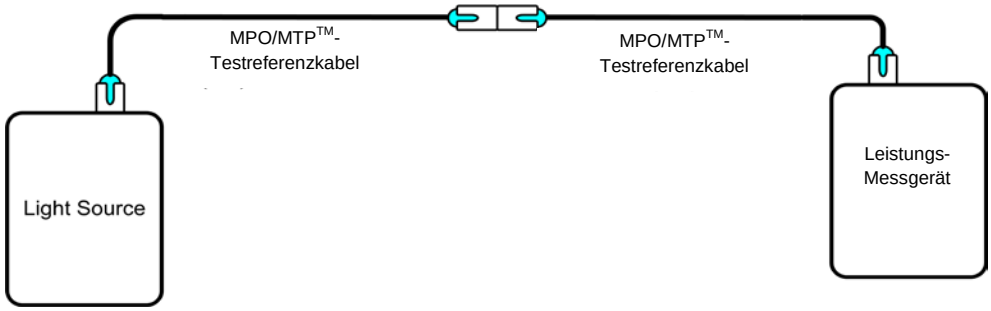


Bild 69: MPO/MTP™-Verifizierung

6.3.6.3.2 Fanout

Auch hier muss geprüft werden, ob die Referenzstecker hochwertig genug sind. Richten Sie den folgenden Testaufbau ein und messen Sie die Übertragungsstrecke. Die Dämpfung muss **kleiner als 0,1 dB** sein. Tragen Sie den gemessenen Wert in die Prüfdokumente ein. Wiederholen Sie diesen Schritt nach jeder Referenzmessung oder wenn Sie feststellen, dass die Messergebnisse schlechter werden.

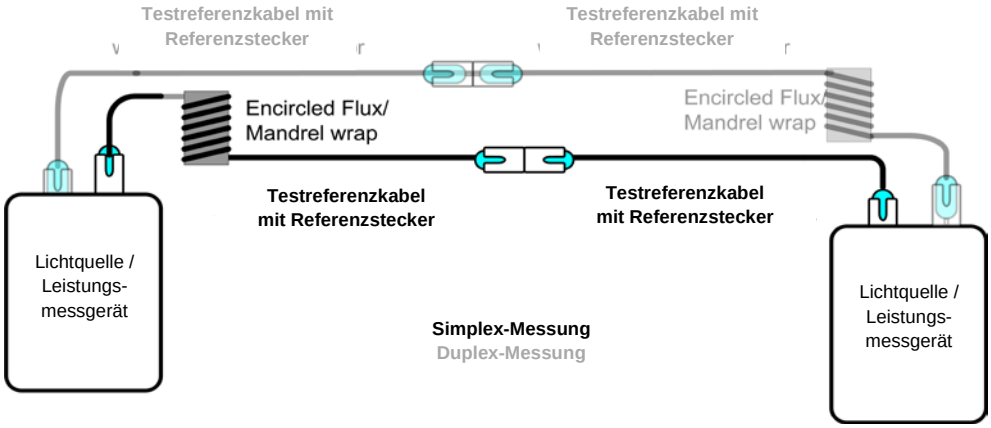


Bild 70: MPO/MTP™-Fanout-Verifizierung

6.3.6.4 **Messung der Übertragungsstrecke**

6.3.6.4.1 MPO/MTP™-Messung

Nun können Sie die „zu prüfende Verkabelung“ messen, indem Sie die Testreferenzkabel an den jeweiligen Enden der Übertragungsstrecke anschliessen. Die Übertragungsstrecke muss in beide Richtungen gemessen werden. Dazu werden Lichtquelle und Leistungsmessgerät gegeneinander ausgetauscht.

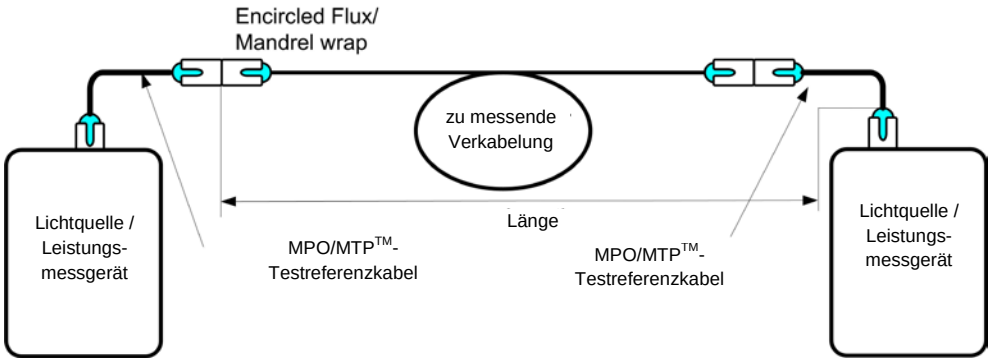


Bild 71: MPO/MTP™-Messung

6.3.6.4.2 Fanout

Nun können Sie an beide Seiten der MPO/MTP™-Übertragungsstrecke den Fanout anschliessen. Führen Sie dann für jede Faser des Fanout eine normale LSPM-Channelmessung durch. Die Übertragungsstrecken müssen in beide Richtungen gemessen werden. Entweder das Messgerät liefert die entsprechenden Anweisungen oder Sie müssen Lichtquelle und Leistungsmessgerät selbständig gegeneinander austauschen.

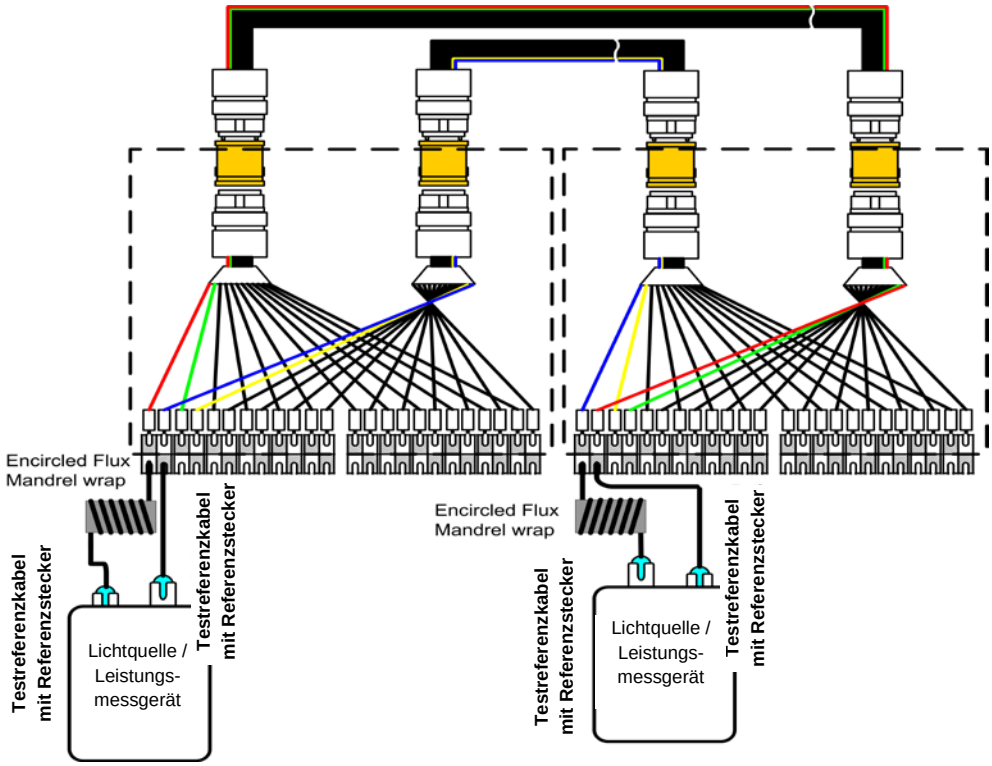


Bild 72: MPO/MTP™-Fanout-Messung

6.3.7 MESSUNGEN MIT DEM OTDR

6.3.7.1 **Vorbereitung**

- Vor- und Nachlauffaser:
  - müssen die gleichen Eigenschaften wie die zu messenden Fasern besitzen
  - müssen länger sein als die Dämpfung- und Ereignis-Totzone des verwendeten OTDR (Optical Time Domain Reflectometer)
  - müssen unterschiedlich lang sein
- Reinigen Sie Stecker und Adapter.
- Stellen Sie Reinigungsmaterial bereit (LWL-Reinigungssatz).
- Überprüfen Sie die Steckeroberflächen visuell unter dem Mikroskop (mindestens 200-fache Vergrösserung).

6.3.7.2 **Channel-Messung mit einem OTDR**

Gemäss EN 14763-3

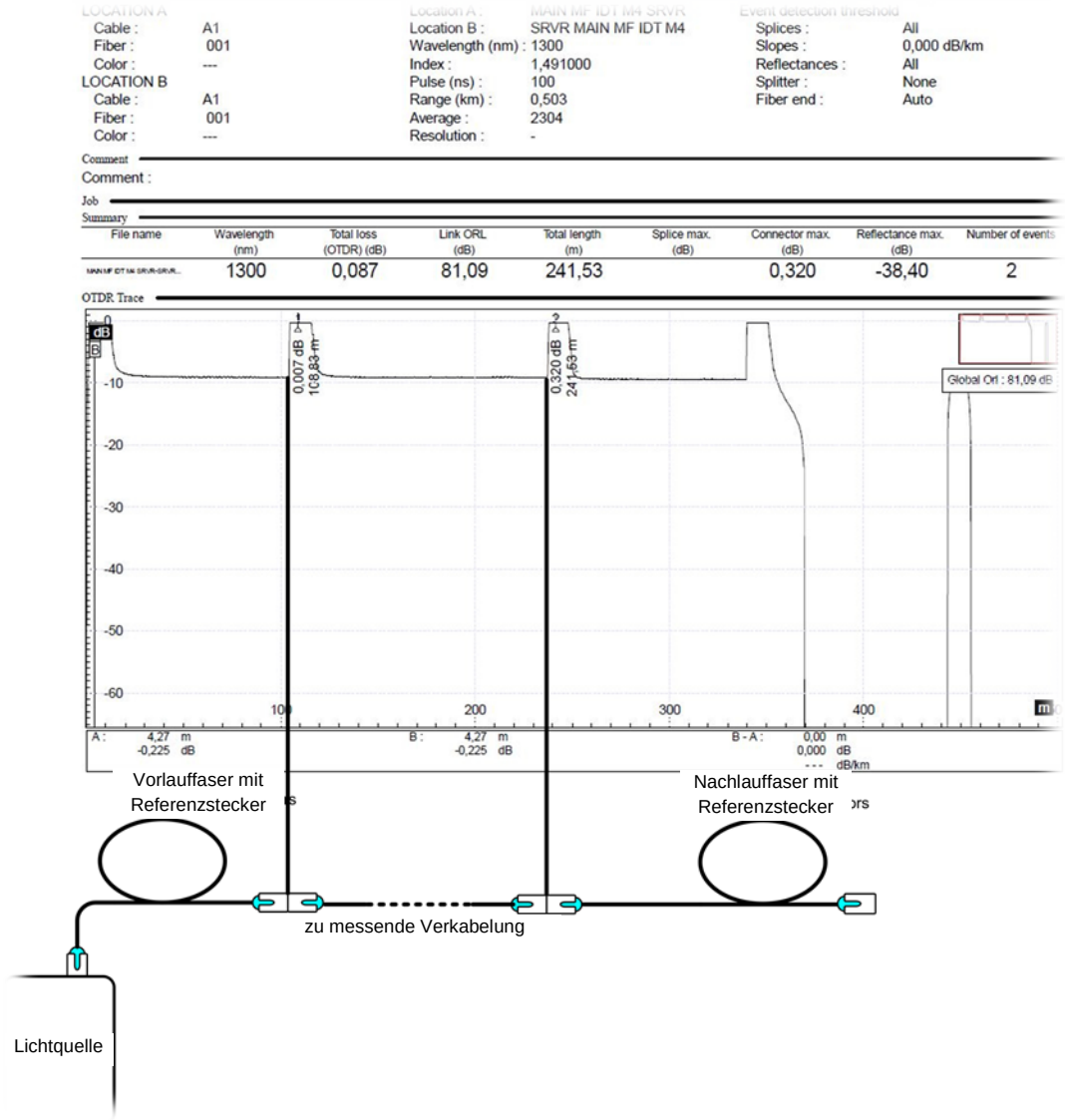


Bild 73: Beispiel einer OTDR-Messung einer LWL-Übertragungsstrecke

6.3.7.3 Dokumentation

- Zeichnung der Kabelführung
- Channel-Länge der einzelnen Fasern
- Pulsbreite
- Brechungsindex-Faktor
- Mittelungsdauer = 20 s oder mehr
- Detailangaben zu den Fasern (OM1, OM2, OM3, OM4, OS1, OS2 und Kerngrösse)
- nominale Wellenlängen (für Multimodefaser 850 nm und 1300 nm und für Singlemodefaser 1310 nm und 1550 nm)
- optische Rückflussdämpfung in dB (PC: MMF < 20 dB, SMF < 35 dB / APC: < 55 dB)
- Einfügedämpfung in dB
- Ereignisliste
- Detailangaben zu den LWL Steckverbindern (PC oder APC)
- Messrichtung
- Name des Prüfers

OTDR			
Hersteller	Modell	Seriennummer	
Einrichtung			
bei Wellenlänge	Pulsbreite		
Name des Prüfers	Datum	Ort	
Kennung der Übertra-gungsstrecke	Dämpfung des Steckverbin-ders	Einfügedämpfung der Übertragungs-strecke	berechnete Dämpfung

Tabelle 38: Dokumentierungsbeispiel für eine OTDR-Messung

6.4 CHECKLISTE BEI MESSPROBLEMEN

Nr.	Wurden bei den im Folgenden genannten Punkten die R&M-Richtlinien eingehalten?	ja	nein
1.	Wurden die richtigen Komponenten eingesetzt? (siehe 4.2 und 4.3)		
2.	Wurde das Kabel ordnungsgemäss gelagert? (siehe 5.1.4)		
3.	Wurden die Vorgaben für Zugfestigkeit und minimalen Biegeradius des Kabels eingehalten? (siehe 5.2.2 und 5.3.2)		
4.	Wurde das Kabel durch Dritte beschädigt?		
5.	Wurde die vorgeschriebene Trennung zwischen Daten- und Stromversorgungskabeln eingehalten? (siehe 4.2.4)		
6.	Wurde das Kabel richtig bearbeitet (Abisolierwerkzeuge)? (siehe 5.2.3)		
7.	Wurden die Aderpaare richtig in den Modulen angeschlossen? (siehe 5.2.4)		
8.	Ist das Kabelmanagement vorschriftsmässig? (siehe 5.2.5)		
9.	Haben die Messgeräte ihre jährliche Kalibrierung durchlaufen? (siehe 6.2.1 und 6.3.1)		
10.	Wurde die tägliche Referenzmessung durchgeführt? (siehe 6.2.4 und 6.3.4)		
11.	Enthält das Kabelmessgerät die neueste Softwareversion? (siehe 6.2.1)		
12.	Ist das Kabelmessgerät richtig eingestellt? (siehe 6.2.2)		
13.	Ist die NVP (Nennausbreitungsgeschwindigkeit) des zu messenden Kabels richtig eingestellt? (siehe 6.2.2)		
14.	Wurde der LWL-Messadapter referenziert?		
15.	Wurden die richtigen Messadapter verwendet?		
16.			
17.			

Tabelle 39: Checkliste bei Messproblemen

7 GLOSSAR

Abkürzungen

BEF	Gebäude-Eingangsgerät
ENI	externe Netzwerkschnittstelle

ACR (Attenuation to Crosstalk Ratio, Dämpfung-Übersprech-Verhältnis)

ACR ist die Differenz zwischen dem NEXT-Wert in dB und der Dämpfung in dB. Ein hoher ACR-Wert bedeutet, dass die empfangenen Signale erheblich stärker sind als das Übersprechen, und entspricht einem hohen NEXT-Wert und einer niedrigen Dämpfung.

ACR-F (ELFEXT, Equal Level Far End Crosstalk, Verhältnis des übersprechenden Ausgangspegels zum eigentlichen Ausgangspegel)

Entspricht dem FEXT, jedoch mit der Ausnahme, dass das eingekoppelte Signal am fernen Ende ins Verhältnis zum gedämpften Signal am fernen Ende des Aderpaars gesetzt wird, in dessen nahes Ende das Signal eingespeist wird.

American National Standards Institute (ANSI)

Nationales Standardisierungsgremium der USA. ANSI entwickelt und publiziert Standards. ANSI ist der amerikanische Vertreter und stimmberechtigtes Mitglied der ISO.

American Wire Gauge (AWG)

US-amerikanisches Standardmass zur Bezeichnung des Durchmessers von Leitern aus Kupfer, Aluminium und anderen Materialien.

AWG	22	23	24	25	26
Durchmesser (mm)	0,644	0,573	0,511	0,455	0,405

Tabelle 40: Umrechnung von AMG in mm

ANEXT (Alien Near End Crosstalk, Fremdnahübersprechen)

Fremdübersprechen (Alien Crosstalk, AXT) bezeichnet aus einem oder mehreren nebeneinander laufenden Kabeln stammende elektromagnetische Einstreuungen in ein Kabel. Der Wortbestandteil „Fremd...“ drückt aus, dass diese Art des Übersprechens zwischen unterschiedlichen Kabeln innerhalb einer Gruppe oder eines Bündels und nicht zwischen einzelnen Adern oder Stromkreisen innerhalb eines einzelnen Kabels stattfindet.

Anschlusskabel

Rangierkabel, das eine Endeinrichtung mit dem Geräteanschluss am Arbeitsplatz verbindet.

Arbeitsplatz

Gebäudebereich, in dem Beschäftigte an Telekommunikationsendgeräten arbeiten. Ein typischer Arbeitsplatz eines Anwenders ist neun Quadratmeter gross.

Bandbreite

Frequenzbereich, der zur Übertragung der Informationen über einen Kanal zur Verfügung steht. Der Wert gibt die Übertragungskapazität eines Kanals an. Je grösser die Bandbreite, desto mehr Informationen können über die Verbindung übertragen werden. Die Angabe erfolgt in Hertz (Hz), Bit/s oder MHz.km (bei Glasfasern).

Bereichsverteilungskabel

Kabel, das den Bereichsverteiler mit den Geräteanschlüssen oder den lokalen Verteilpunkten verbindet.

Bereichsverteiler (BV)

Verteiler, über den die Verbindungen zwischen dem Teilsystem der Hauptverteilungsverkabelung,

dem Teilsystem der Bereichsverteilungsverkabelung, dem Teilsystem der Netzzugangsverkabelung, den in ISO/IEC 11801 spezifizierten Verkabelungsteilsystemen und den aktiven Geräten hergestellt werden.

Biegeradius

Radius einer Krümmung, den die Glasfaser oder das Kupferkabel ohne Bruchgefahr oder übermässige Dämpfung aushält.

Bitfehlerrate (BER)

Mass zur Bewertung der Qualität einer digitalen Übertragungsleitung. Die Angabe erfolgt in Prozent oder als Verhältnis der fehlerhaft empfangenen zu den insgesamt empfangenen Bits. Ein typischer Wert ist ein Fehler in 108 oder 109 übertragenen Bits. Je weniger Bitfehler auftreten, desto besser ist die Qualität der Verbindung.

CENELEC

Europäische Komitee für elektrotechnische Normung.

CENELEC EN 50173

Von CENELEC ausgearbeitete europäische Norm für die Planung und Installation informationstechnischer Verkabelungssysteme.

Channel (Kanal)

Ende-zu-Ende-Übertragungspfad, der zwei anwendungsspezifische Geräte miteinander verbindet. Auch die Anschlusskabel der technischen Geräte und des Arbeitsplatzes sind Bestandteil des Channel.

Dämpfung

Mit Dämpfung wird allgemein die Minderung der übertragenen Energie eines Signals im Verlauf einer Übertragungsstrecke bezeichnet.

Dezibel (dB)

Einheit, mit der Spannungen oder Ströme relativ zu einer Bezugsgrösse bzw. die Verstärkung oder Dämpfung von Spannungen oder Strömen in logarithmischem Massstab angegeben werden.

Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV)

Die EMV ist definiert als die Fähigkeit eines elektronischen Geräts, einer Anlage oder eines Systems, in einer elektromagnetischen Umgebung zufriedenstellend zu arbeiten, ohne dabei selbst elektromagnetische Störungen zu verursachen, die für die in dieser Umgebung vorhandenen Geräte, Anlagen oder Systeme zu gross wären.

Fest installiertes Bereichsverteilungskabel

Kabel, das den Bereichsverteiler mit den Geräteanschlüssen oder, wenn vorhanden, mit dem lokalen Verteilpunkt verbindet.

FEXT (Far End Crosstalk, Fernübersprechen)

Beschreibt die nicht erwünschte Einkopplung von Signalen aus dem sendenden Aderpaar in das empfangende Aderpaar am fernen Ende der Leitung. Das FEXT wird in dB angegeben. Der FEXT-Wert ist nur für bestimmte Anwendungen von Bedeutung. Im Allgemeinen spielt das Nahübersprechen (NEXT) eine grössere Rolle.

Frequenz

Häufigkeit eines regelmässig während eines bestimmten Zeitraums stattfindenden Vorgangs. Wird in Hertz (Hz) angegeben.

Geräteanschluss (GA) (siehe auch RZ)

Fest installierte Anschlusskomponente für den Anschluss der Bereichsverteilungsverkabelung und Schnittstelle für die Geräteverkabelung.

Geräteanschluss (GA)

Anschlussdose, die einzelne Arbeitsplätze mit der strukturierten Gebäudeverkabelung verbindet. Meist sind dies achtpolige Modularbuchsen (RJ), an die verschiedene Geräte für Sprach-, Video- und Datenübertragung angeschlossen werden können.

Hauptverteiler (HV)

Verteiler, über den die Verbindungen zwischen dem Teilsystem der Hauptverteilungsverkabelung, dem Teilsystem der Netzzugangsverkabelung, den in ISO/IEC 11801 spezifizierten Verkabelungsteilsystemen und den aktiven Geräten hergestellt werden.

Hauptverteilungskabel

Kabel, das den Hauptverteiler mit dem Bereichsverteiler verbindet.

Hertz (Hz)

Standardeinheit der Frequenz. Entspricht einer Schwingung pro Sekunde.

Horizontales Kabel

Kabel, das den Etagenverteiler mit den Telekommunikations-Anschlussdosen verbindet.

Impedanz

Frequenzabhängiger Widerstand (Wellenwiderstand) einer Übertragungsleitung, der den Strom durch die Leitung begrenzt.

ISO/IEC 11801

Internationale Norm für die universelle Gebäudeverkabelung.

Kabeltrasse

Festgelegter Kabelverlauf und/oder Befestigungen in einem Zwischenboden oder einer Zwischendecke.

Kapazität

Eigenschaft von durch ein Dielektrikum getrennten Leitern, die bei einer elektrischen Spannungsdifferenz zwischen den Leitern zur Speicherung elektrischer Ladungen führt. Bei Kupferkabeln sind Kapazitäten unerwünscht, da sie die übertragenen Signale und den gewünschten Stromfluss stören.

Kategorie 3

Industriestandard für Kabel und Anschlusskomponenten mit bis zu 16 MHz spezifizierten Übertragungsparametern, zumeist für Datenraten bis 10 Mbit/s.

Kategorie 5, 5e

Die Kategorie 5e ist eine seit 1999 existierende, erweiterte Version von Kategorie 5, die zusätzliche Parameter für die Vollduplexübertragung über vier Leiterpaare spezifiziert. Es ist eine erweiterte Kategorie 5 für Kabel und Anschlusskomponenten mit bis zu 100 MHz spezifizierten Übertragungsparametern für Datenraten bis 1000 Mbit/s.

Kategorie 6

Industriestandard für Kabel und Anschlusskomponenten mit bis zu 250 MHz spezifizierten Übertragungsparametern für Datenraten bis 1 Gbit/s und darüber.

Kategorie 6_A

Industriestandard für Kabel und Anschlusskomponenten mit bis zu 500 MHz spezifizierten Übertragungsparametern für Datenraten bis 10 Gbit/s und darüber.

Kategorie 7

Für Kabel und Anschlusskomponenten mit bis zu 600 MHz spezifizierten Übertragungsparametern. Kategorie 7 spezifiziert ausschliesslich Kabel. Um die reibungslose Übertragung bei den genannten

Frequenzen zu gestatten, sind neue Stecker erforderlich.

Kategorie 7_A

Für Kabel und Anschlusskomponenten mit bis zu 1000 MHz spezifizierten Übertragungsparametern. Kategorie 7_A spezifiziert ausschliesslich Kabel. Um die reibungslose Übertragung bei den genannten Frequenzen zu gestatten, sind neue Stecker erforderlich.

Laufzeitdifferenz (Delay Skew)

Die Laufzeitdifferenz bezeichnet den Unterschied der Signallaufzeiten in zwei Aderpaaren des gleichen Kabels.

Laufzeitverzögerung (Propagation Time Delay)

Ein Signal, das eine Übertragungsstrecke von einem Ende zum anderen durchläuft, erfährt eine gewisse zeitliche Verzögerung. Diese Laufzeitverzögerung berechnet sich aus der Länge des Kabels geteilt durch die für das betreffende Übertragungsmedium geltende Ausbreitungsgeschwindigkeit.

Lokales Netzwerk (LAN)

Datenkommunikationsnetz, das aus Host-Rechnern und anderen über Endeinrichtungen vernetzten Geräten (z.B. PCs) besteht. Häufig kommen Twisted-Pair- oder Koaxialkabel zum Einsatz. Ein LAN erlaubt mehreren Anwendern den gemeinsamen Zugriff auf Daten und Ressourcen. In der Regel ist ein LAN auf ein einziges Gebäude beschränkt.

Lokaler Verteilpunkt (LVP, Local Distribution Point)

Anschlusspunkt innerhalb des Teilsystems der Bereichsverteilungsverkabelung zwischen Bereichsverteiler und Geräteanschluss.

Lokaler Verteilpunkt-Link

Übertragungsstrecke zwischen einem lokalen Verteilpunkt und der Schnittstelle am anderen Ende des fest installierten Bereichsverteilungskabels, inkl. der Anschlusskomponenten an beiden Enden.

Mantel / Kabelmantel

Flexible Aussenhülle eines Kabels die die im Innern liegenden farbcodierten Einzelleiter schützt.

Nennausbreitungsgeschwindigkeit (NVP, Nominal Velocity of Propagation)

Wenn Signale über ein physikalisches Medium übertragen werden, bewegen sie sich abhängig von Material und Aufbau des Mediums langsamer als das Licht. Der NVP-Wert ist das Verhältnis der Signalgeschwindigkeit im betreffenden Medium zur Lichtgeschwindigkeit im Vakuum. Typischerweise liegt die NVP in Kupferkabeln bei 60% bis 85% der Lichtgeschwindigkeit.

Netzarchitektur

Topologie und Aufbau des Netzwerks.

Netzwerk

Von den jeweiligen Betreibern in Form von Einwahl- und Standleitungen für lokale und Fernverbindungen bereitgestelltes Telekommunikationssystem. System aus Software- und Hardwarekomponenten, die zum Zweck der Datenübertragung miteinander verbunden sind.

Netzzugangskabel

Kabel, das die externe Netzschnittstelle mit dem Hauptverteiler oder dem Bereichsverteiler verbindet.

NEXT (Near End Crosstalk, Nahüberprechen)

Beschreibt die nicht erwünschte Einkopplung von Signalen aus dem sendenden Aderpaar in das empfangende Aderpaar am gleichen (= nahen) Ende der Leitung. Das NEXT wird in dB angegeben. Es zeigt an, wie gut die Aderpaare eines Kabels voneinander entkoppelt sind.

Paar (Aderpaar)

Zwei (meist durch Verdrillung) zusammengefasste und farbcodierte Leiter. Siehe auch „Symmetrisches paarverdrilltes Kabel (Twisted-Pair-Kabel)“.

Paarverdrilltes Kabel, geschirmt (STP)

Elektrisch leitendes Kabel, das aus mindestens einem individuell geschirmten Aderpaar besteht. Eventuell besitzt das Kabel neben der Einzelschirmung der Aderpaare noch eine zusätzliche Schirmung (Kabel mit Gesamtschirmung).

Paarverdrilltes Kabel, ungeschirmt (UTP)

Normales Kupferkabel für Gebäude, das hohe Datenraten übertragen kann. Es gibt Verfahren, um die durch die Kupferadern bedingten Übertragungsverluste sowie die Abstrahlung von UTP-Kabeln zu begrenzen.

Permanent Link

Übertragungsstrecke zwischen zwei Schnittstellen einer universellen Gebäudeverkabelung ohne Anschlusskabel und Arbeitsplatzkabel.

Power Sum

Ein Verfahren für Test und Messung des Übersprechens in mehrpaarigen Kabeln. Die Summe aller ein Aderpaar beeinträchtigenden Formen des Übersprechens, wenn alle anderen Aderpaare aktiv sind.

Rangierung (Cross-Connect)

Kabelverzweiger des strukturierten Verkabelungssystems, in dem die Kommunikationsverbindungen verwaltet werden (d.h. in dem mit Rangierkabeln Verbindungen hinzugefügt und umkonfiguriert werden). Die Rangierung befindet sich in einem Betriebsraum oder im Verteilerraum.

Rauschen

Störungen, die in einem Leiter von einer anderen Quelle als dem angeschlossenen Sender verursacht werden. Das Rauschen kann ein Signal so stark beeinträchtigen, dass es verfälscht oder vom Empfänger nicht mehr erkannt wird. Je höher die Datenrate, desto grösser die Auswirkungen des Rauschens.

Rückflussdämpfung (Return Loss)

Die Rückflussdämpfung ist ein Mass für die Gleichförmigkeit der Impedanz entlang der Kabelstrecke sowie in Steckverbindern und Rangierkabeln.

Sammelpunkt (SP)

Verbindungspunkt in der horizontalen Verkabelung, der zumeist zur Erleichterung der Neuanordnung von Möbelgruppen verwendet wird.

Schlaglänge

Steighöhe der Verdrillung von Twisted-Pair-Kabeln. Jeweils zwei einzelne Adern werden zu einem Aderpaar verdrillt. Durch Ändern der Schlaglänge können die NEXT-Werte verbessert werden.

Schirm

Metallische Schicht, die die isolierten Adern eines geschirmten Kabels umgibt. Der Schirm kann als Metallmantel des Kabels oder bei nichtmetallischem Mantel als separate Metallschicht ausgeführt sein. Auch als Schirmung bezeichnet.

Störung

Jegliche Beeinträchtigung eines Signals durch unerwünschte äussere Einflüsse.

Symmetrisches paarverdrilltes Kabel (Twisted-Pair-Kabel)

Kabel, das aus mindestens einem symmetrischen Kabel (verdrillte Aderpaare oder Sternvierer) besteht.

TIA/EIA

Nordamerikanisches Normungsgremium.

TIA/EIA 568x

Nordamerikanische Norm für informationstechnische Verkabelungen in Bürogebäuden.

Übersprechen (Crosstalk)

Elektromagnetische Kopplung zwischen zwei physisch getrennten Stromkreisen in einem System. Über diese Kopplung werden Signale aus einem Stromkreis in einen anderen übertragen, wo sie das dort übertragene Signal stören.

Universelle Gebäudeverkabelung (UGV)

Strukturiertes informationstechnisches Verkabelungssystem, das viele verschiedene Anwendungen unterstützt. Bei der Installation einer UGV muss nicht bekannt sein, welche Anwendungen dies im Einzelnen sind. Die UGV enthält keine anwendungsspezifische Hardware.

Verkabelung

System aus Telekommunikationskabeln, Kabelkanälen und Anschlusstechnik, über die IT-Geräte miteinander verbunden werden.

Widerstand

Eigenschaft eines Leiters, aus der sich der bei einer gegebenen Potenzialdifferenz fliessende Strom ergibt. Der Widerstand begrenzt den Stromfluss und führt zu Leistungsverlusten in Form von Wärme. Er wird in Ohm gemessen.

Wire Map Test

Dieser Test prüft, ob die Pinbelegung der Anschlussmodule auf beiden Seiten gleich ist.

Zugkraft

In Newton (N) angegebene Kraft, die während der Installation auf ein Kabel ausgeübt wird (10 N entsprechen etwa dem Gewicht von 1 kg).

8 TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Einordnung von R&M*freenet*-Links 3
Tabelle 2: Qualitätssicherung im Projektablauf 5
Tabelle 3: Normen 8
Tabelle 4: Unterschiede zwischen den Normen 8
Tabelle 5: UGV-Längen gemäss ISO/IEC 11801 8
Tabelle 6: Gleichungen für horizontale Übertragungsstrecken (siehe auch Diagramme auf den nächsten Seiten) 9
Tabelle 7: maximale horizontale Länge, R&M*freenet* mit AWG 26 9
Tabelle 8: minimale horizontale Länge, R&M*freenet* 10
Tabelle 9: Gleichungen Durchverbindung-TA (Schlüssel siehe 4.2.2.1.2) 11
Tabelle 10: Gleichungen Rangierung-TA (Schlüssel siehe 4.2.2.1.2) 11
Tabelle 11: Gleichungen Durchverbindung-SP-TA (Schlüssel siehe 4.2.2.1.2) 12
Tabelle 12: Gleichungen Rangierung-SP-TA (Schlüssel siehe 4.2.2.1.2) 12
Tabelle 13: Gleichungen Durchverbindung-GA (Schlüssel siehe 4.2.2.1.2) 13
Tabelle 14: Gleichungen Rangierung-GA (Schlüssel siehe 4.2.2.1.2) 13
Tabelle 15: Gleichungen Durchverbindung-LVP-GA (Schlüssel siehe 4.2.2.1.2) 14
Tabelle 16: Gleichungen Rangierung-LVP-GA (Schlüssel siehe 4.2.2.1.2) 14
Tabelle 17: Gleichungen Hauptverteilungs-Übertragungsstrecke (Schlüssel siehe 4.2.2.1.2) 15
Tabelle 18: Klassifizierung informationstechnischer Kabel gemäss EN 50174-2:2009/A1:2011/AC:2011 17
Tabelle 19: Mindestabstände S gemäss EN 50174-2:2009/A1:2011/AC:2011 18
Tabelle 20: Faktor für die Stromversorgungsverkabelung gemäss EN 50174-2:2009/A1:2011/AC:2011 18
Tabelle 21: Abstandsanforderungen zwischen metallischen informationstechnischen Kabeln und bestimmten EMV-Quellen gemäss EN 50174-2 19
Tabelle 22: Dämpfung von LWL-Kabeln 20
Tabelle 23: maximale modale LWL-Bandbreite 20
Tabelle 24: Dämpfung der OF-Klassen 20
Tabelle 25: Dämpfung von Lichtwellenleiterkabeln, R&M*freenet* 20
Tabelle 26: mit R&M*freenet* maximal mögliche Verbindungen in Multimode-LWL-Systemen nach Ethernet-Anwendung 21
Tabelle 27: mit R&M*freenet* maximal mögliche Verbindungen in Multimode-LWL-Systemen nach FC-Anwendung 21
Tabelle 28: mit R&M*freenet* maximal mögliche Verbindungen in Singlemode-LWL-Systemen nach Anwendung 21
Tabelle 29: Datenblatt-Beispiel Kupferkabel 26
Tabelle 30: Beispiele für Biegeradien bei Kupferverkabelung 28
Tabelle 31: Überblick über die Laserklassen gemäss IEC 60825 Ausg. 3.0:2013 34
Tabelle 32: Sofortbehandlungen bei Kontakt mit Isopropanol 35
Tabelle 33: Messgeräte für Pass- und Fail-Messungen 46
Tabelle 34: Normen für Messgeräte 47
Tabelle 35: Adapter für Messgeräte 47
Tabelle 36: Modenfilter-Durchmesser 53
Tabelle 37: Dokumentierungsbeispiel für eine LSPM-Messung 56
Tabelle 38: Dokumentierungsbeispiel für eine OTDR-Messung 62
Tabelle 39: Checkliste bei Messproblemen 63
Tabelle 40: Umrechnung von AMG in mm 64

9 ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Bild 1: Gebäudeerdung 6
Bild 2: Minimalanforderung nach EN 50310 6
Bild 3: empfohlene Konfiguration nach EN 50310 6
Bild 4: Modell Durchverbindung-TA 11
Bild 5: Modell Rangierung-TA 11
Bild 6: Modell Durchverbindung-SP-TA 12
Bild 7: Modell Rangierung-SP-TA 12
Bild 8: Modell Durchverbindung-GA 13
Bild 9: Modell Rangierung-GA 13
Bild 10: Modell Durchverbindung-LVP-GA 14
Bild 11: Modell Rangierung-LVP-GA 14
Bild 12: Modell Hauptverteilungs-Übertragungsstrecke 15
Bild 13: Berechnungsbeispiel Büroverkabelung 22
Bild 14: Berechnungsbeispiel Rechenzentrumsverkabelung 22
Bild 15: trocken gelagertes Kupferkabel 25
Bild 16: falsch gelagertes Kupferkabel 25
Bild 17: richtige Abrollrichtung 27
Bild 18: falsche Abrollrichtung 27
Bild 19: richtige Ausführung einer Steigzone 27
Bild 20: richtige Befestigung vertikal verlaufender Kabel 27
Bild 21: Umlenkrolle für die Kupferkabel-Installation 28
Bild 22: Abisolierlänge 29
Bild 23: Abisolierwerkzeug 29
Bild 24: Einschnitt vornehmen 29
Bild 25: Abisolieren 29
Bild 26: Beschaltung des Kat.-5e/6-Anschlussmoduls 30
Bild 27: Beschaltung des Kat.-6_A-Anschlussmoduls 30
Bild 28: falsches Kabelmanagement, Kabelführungen falsch verwendet 31
Bild 29: falsches Kabelmanagement, zu grosse Bündel 31
Bild 30: richtiges Kabelmanagement 31
Bild 31: falsche Aufschaltung / Luftspalte zwischen den Paaren / überlappende Paare / Paare nicht vollständig eingeführt (orange) 32
Bild 32: korrekte Aufschaltung / zusätzliche Verdrillung der Aussenpaare / keine Überkreuzung 32
Bild 33: Laserstrahlung 33
Bild 34: Laser Klasse 1 34
Bild 35: Laser Klasse 1M 34
Bild 36: Laser Klasse 2 34
Bild 37: Laser Klasse 2M 34
Bild 38: Laser Klasse 3R 34
Bild 39: Laser Klasse 3B 34
Bild 40: Laser Klasse 4 34
Bild 41: Abisolierlänge des LWL-Kabels messen 38
Bild 42: Aussenmantel abziehen 38
Bild 43: Bündelader- oder Vollader-Abisolierlänge messen 38
Bild 44: freigelegte Glasfaser mit Alkohol reinigen 38
Bild 45: Faser auf Länge brechen 39
Bild 46: Faser in den LWL-Stecker schieben, bis sie einrastet 39
Bild 47: Zugentlastung am LWL-Stecker anbringen 39

Bild 48: Beispiele für eine gut und zwei schlecht gereinigte LWL-Verbindungsstellen (Staub/Schmutz, Fett/Öl/Fingerabdrücke) 40
Bild 49: Polarisierung bei LC-Duplex-Steckern 40
Bild 50: Polarisierung bei SC-Duplex-Steckern 41
Bild 51: Polarisierung bei optischen Rangierkabeln 41
Bild 52: Polarisierung 10Gb MPO/MTP™ zu LC 42
Bild 53: Polarisierung des künftigen 40Gb/100Gb MPO/MTP™ 42
Bild 54: Polarisierung bei MPO/MTP™ 42
Bild 55: Kabelmanagement am LWL-Rack 43
Bild 56: LWL-Rangierkabel-Management 43
Bild 57: Messtoleranzen von Messgeräten 44
Bild 58: beispielhafte Prüfstrecke für PL 48
Bild 59: beispielhafte Prüfstrecke für Ch 48
Bild 60: beispielhafte Prüfstrecke für PL mit SP 48
Bild 61: „direkt“ kombinierter Channel plus Schnittstellen für die Messung 50
Bild 62: „direkt“ kombinierter Channel plus Schnittstellen für die Messung und Spleiss 50
Bild 63: „rangierter“ kombinierter Channel 50
Bild 64: Referenzmessung mit „Ein-Messkabel-Methode“ 53
Bild 65: Referenzmessung mit „Drei-Messkabel-Methode“ 54
Bild 66: Verifizierung mit „Ein-Messkabel-Methode“ 54
Bild 67: Messung mit „Ein-Messkabel-Methode“ 55
Bild 68: Messung mit „Drei-Messkabel-Methode“ 55
Bild 69: MPO/MTP™-Referenzmessung 57
Bild 70: MPO/MTP™-Fanout-Referenzmessung 58
Bild 71: MPO/MTP™-Verifizierung 58
Bild 72: MPO/MTP™-Fanout-Verifizierung 59
Bild 73: MPO/MTP™-Messung 59
Bild 74: MPO/MTP™-Fanout-Messung 60
Bild 75: Beispiel einer OTDR-Messung einer LWL-Übertragungsstrecke 61

10 NOTIZEN

www.rdm.com/RMacademy

Headquarters
Reichle & De-Massari AG
Binzstrasse 32
CHE-8620 Wetzikon/Switzerland
Phone +41 (0)44 933 81 11
Fax +41 (0)44 930 49 41

www.rdm.com